


BIBLIOTECA NAZIONALE VITT. EMANUELE
253
5 G
17





MÉMOIRE

SUR LES MOYENS

DE COMMUNIQUER LE FEU AUX

FOURNEAUX DE MINE.



ANVERS,

IMPRIMERIE J. DE DEKEN

18[illegible]

MÉMOIRE

SUR LES MOYENS

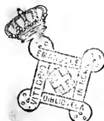
DE COMMUNIQUER LE FEU AUX

FOURNEAUX DE MINE

PAR

A. GRATRY,

CAPITAINE DU GÉNIE, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE MILITAIRE.



ANVERS,

IMPRIMERIE J. DE DEKEN.

1869.

AVANT-PROPOS.

—

L'emploi des mines, pour l'attaque et la défense des villes, semble se perdre dans la nuit des temps [1]. On sait que les Orientaux et les Juifs en faisaient un fréquent usage. Elles étaient employées par l'assiégeant, soit pour pénétrer clandestinement dans les villes, en passant sous les murailles [2], soit pour ouvrir de larges brèches dans celles-ci, au lieu de les détruire sous le choc du bélier [3]. Dans ce dernier cas, la galerie souterraine servait à déchausser la muraille sur une certaine longueur, et à remplacer ses soutiens naturels

(1) L'historien ÉNÉE, qui vivait 336 ans avant l'Ere Chrétienne, en parle comme d'une invention fort ancienne.

(2) C'est ainsi que Fidènes et Véiés furent prises par les Romains. (Tite-Live).

(3) L'histoire rapporte beaucoup d'exemples de ce genre de mines.

par des étais en charpente auxquels on mettait le feu. Le mur, privé bientôt de tout appui, s'écroulait dans le fossé, et présentait à l'assiégeant une brèche convenable pour donner l'assaut.

La défense, de son côté, ne restait pas inactive. Elle cherchait à s'opposer à ce genre d'attaque, en marchant à la rencontre de son adversaire (1), ou bien elle allait renvérser ses tours, ou hellépoles, en les sapant par la base.

La poudre vint ensuite apporter un changement radical dans la poliorcétique des anciens et fournir un moyen de destruction bien autrement puissant que tous ceux imaginés jusqu'alors.

On ne saurait assigner une date précise au premier emploi de cet agent dans les mines; il est même probable que les Chinois en faisaient usage longtemps avant nous, car tous ses effets étaient connus chez eux plusieurs siècles avant notre ère (2).

C'est seulement au siége de Constantinople par les Grecs, en 1453, que le feu grégeois apparaît pour la première fois en Europe, du moins comme application aux mines (3).

Un certain allemand, nommé Jean, s'étant dirigé sous une vieille tour, située entre la porte d'Andri-

(1) *Siége de Bourges*, par CÉSAR.
(2) *Mémoires de M. A.* RÉMUSAT, acad. des insc. Tome VII.
(3) *Journal des armes spéciales*. Année 1845.

nople et celle des canons [1], parvint à la renverser par la détonation du feu.

Quelques années plus tard, en 1487, au siége de Serre-Zanello, un ingénieur génois, dont le nom n'est pas arrivé jusqu'à nous, imagina d'établir des mines à poudre pour faire brèche aux remparts ; mais ce moyen ne réussit pas, soit qu'on eût employé des charges trop faibles, ou que les galeries eussent été mal dirigées.

Dès lors ce système d'attaque fut regardé comme une utopie, et on l'abandonna complètement.

Mais il ne devait pas rester longtemps dans l'oubli. Peu d'années après, en 1500, un officier de fortune, Pierre de Navarre, qui avait débuté comme soldat dans les troupes génoises, où il avait acquis ses premières connaissances, et qui depuis était passé sous la bannière de Gonzalve de Cordoue, eut occasion de reprendre les essais de mine tentés devant Serre-Zanello.

Au siége de Céphalonie, par les troupes de la sainte ligue contre les infidèles, cet ingénieur s'approcha des murailles par des sapes, et construisit plusieurs petites mines dont l'explosion entraîna immédiatement la prise de la ville [2].

Trois ans plus tard, le même système fut suivi avec un égal succès pour s'emparer du château neuf, à Naples. Pierre de Navarre dirigea des galeries sous les

(1) *Voyages du duc de* RAGUSE.
(2) R. P. DUPONCEL.

remparts, et alla disposer un fourneau à l'endroit choisi. Le feu fut mis au moyen d'une étoupille préparée pour donner aux mineurs le temps de s'éloigner (¹).

L'explosion produisit une brèche considérable qui permit aux troupes assiégeantes de donner immédiatement l'assaut. Les Français durent se retirer dans le réduit, où ils furent bientôt forcés de se rendre.

Pierre de Navarre attaqua ensuite par la mine le château Dell'Ovo (château de l'Œuf) dont le siége durait déjà depuis plus de trois ans, malgré les efforts combinés des Espagnols et des Napolitains. Ce château, qui existe encore aujourd'hui, est construit sur un rocher élevé, relié à la terre pas un isthme étroit. Il pouvait recevoir des secours par mer. Pierre de Navarre s'approcha secrètement des murailles sur des bateaux couverts, et fit pratiquer une mine dans le rocher. L'explosion qui s'en suivit amena la reddition du fort.

Comme on le voit, le succès complet qui couronna ces deux entreprises doit être uniquement attribué aux mines.

Bien que Pierre de Navarre ne soit pas l'inventeur du procédé qu'il a si heureusement employé dans les trois circonstances qui précèdent, il est juste du moins de lui reconnaître le mérite d'avoir le premier mis utilement et avantageusement en pratique, les mines comme moyen d'attaque.

Cette opinion n'est pourtant pas partagée en entier par

(¹) FALLOT, *Cours d'art militaire.*

M. de Vallière qui prétend qu'un architecte napolitain, du nom de Francisco Georgio, a toujours secondé l'officier espagnol dans ses opérations ; mais cette assertion ne repose nullement sur des faits bien établis.

Après les brillants succès qne nous venons de rapporter, on fit longtemps usage, en Italie, des mines comme moyen d'attaque. Néanmoins les résultats ne répondirent pas toujours au but qu'on voulait atteindre. A cette époque, où les idées religieuses avaient de fort nombreux adèptes, on alla même jusqu'à attribuer aux madones [1] que renfermaient les murailles, la cause de non-réussite de ces opérations.

Quoiqu'il en soit, ce moyen avait tellement attiré l'attention des ingénieurs militaires, qu'il devint très à la mode [2], surtout après que l'expérience eut encore fourni un certain nombre de tentatives heureuses.

Au siége mémorable de Candie, durant les années 1657 et 1658, on ne fit pas jouer moins de cinq cent soixante et un fourneaux de mine [3].

Pendant l'enfance de l'artillerie la mine servait souvent pour faire brèche aux escarpes revêtues. Il n'était pas rare alors « de voir l'assiégeant inviter courtoisement son adversaire à venir visiter ses travaux [4] pour qu'il pût s'assurer de l'infaillibilité du moyen em-

[1] GEUSS.
[2] FALLOT et EMY, *Cours de fortification.*
[3] *Mémoires* du marquis DE VILLE.
[4] EMY, *Cours de fortification.*

ployé, et éviter dès lors l'effusion du sang par une prompte reddition. »

L'art des mines resta néanmoins longtemps stationnaire. Il n'y avait pas de règles pour guider les praticiens, et tout était subordonné au coup-d'œil, ou aux inspirations de ceux qui opéraient.

Deux siècles environ passèrent ainsi sans le moindre progrès marquant. Vanbau vint alors jeter un grand jour sur cette importante question; il interrogea la nature par des expériences bien dirigées, et mit, si l'on peut s'exprimer ainsi, la pratique en théorie.

Mesgrigny, officier de mineurs distingué, entreprit en même temps des épreuves nombreuses à Tournay.

Depuis cette époque l'art des mines a constamment progressé. De savantes théories sont sorties de l'espèce de mystère qui semblait planer sur les opérations de la guerre souterraine, et si cet art n'approche pas encore de son apogée, il a du moins atteint déjà un tel degré de perfection, qu'il est devenu un auxiliaire indispensable dans l'attaque et dans la défense des places.

Les anciens écrits sont muets sur les premiers moyens employés pour communiquer le feu aux fourneaux de mine; mais il est vraisemblable que, dans l'enfance de l'art, on faisait simplement usage d'une traînée de poudre au bout de laquelle se plaçait la mèche lente qui devait donner aux mineurs le temps de s'éloigner.

Cependant le classique saucisson ne semble pas avoir

tardé longtemps à paraître, car les vieux auteurs nous apprennent qu'après Pierre de Navarre, le mineur assiégé allait à la rencontre du mineur assiégeant, et cherchait à lui ravir ses avantages soit en coupant *la saucisse*, soit en noyant les poudres.

D'après cela la saucisse,ou le saucisson,serait d'origine fort ancienne et rien ne prouve que son invention ne remonte pas aux premières tentatives d'explosion par les mines.

CHAPITRE PREMIER.

EXAMEN DES MOYENS EMPLOYÉS POUR METTRE LE FEU AUX MINES.

1. Il serait fort difficile de classer par ordre chronologique les différents moyens employés, ou simplement proposés, pour mettre le feu aux mines militaires, car il n'existe à cet égard que des indications assez vagues, laissant subsister beaucoup d'incertitude sur les époques qui ont vu naître la plupart de ces inventions.

Quoiqu'il en soit, nous adopterons l'ordre suivant qui nous paraît le plus rationnel. Il repose d'une part, sur des documents fournis par divers auteurs, et d'autre part, sur une analyse comparée de tous les procédés dont on a fait usage jusqu'ici.

1° Le saucisson. Moyen le plus anciennement connu. Il est décrit par tous les auteurs qui traitent de la guerre souterraine, et semble remonter à l'enfance de l'art.

2° Les batteries. Employées pour porter le feu aux premières fougasses. En 1805, M. le capitaine

Gillot en propose une qui n'est point soumise à des expériences. Plus tard les Hollandais en construisent de différentes sortes. En 1842, M. le colonel Emy les recommande encore pour communiquer le feu aux fougasses (1).

3° LA FUSÉE PORTE-FEU. Employée par Coehorn vers 1700. Abandonnée ensuite en Hollande. Reprise par M. le capitaine du génie français Esnault dont elle porte actuellement le nom. Essayée depuis dans toutes les écoles régimentaires du génie. En 1847, M. le sous-lieutenant Wirst, des mineurs hollandais, en propose une nouvelle. Enfin en 1852, M. le lieutenant Schaffer, du même corps, en imagine encore une autre.

LE MORCEAU D'AMADOU (2). Attribué par M. le capitaine du génie français Coutèle au maréchal de Vauban, pour mettre directement le feu aux charges.

(1) EMY, *Cours de fortication*.

(2) M. le capitaine Coutèle affirme, dans un mémoire sur la guerre souterraine, que le bouloi était destiné à donner le feu à la poudre du fourneau. Bien que nous n'ayons rien trouvé dans les œuvres du maréchal qui se rapprochât de cette idée bizarre, nous la signalons néanmoins, tout en laissant à M. Coutèle l'entière responsabilité du fait qu'il avance.

Le moyen dont il est question consisterait à faire plonger par un bout, dans les poudres, un morceau d'amadou parfaitement isolé, auquel on mettrait le feu par l'autre bout. La longueur de l'artifice serait réglée de manière à laisser aux mineurs le temps d'effectuer le bourrage en entier.

Les idées de Vauban nous inspiront trop de respect pour

Ce moyen n'est cité ici que pour mémoire, car il n'a pu exister que dans l'imagination de l'écrivain qui le rapporte.

4° L'ÉLECTRICITÉ. Moyen proposé depuis longtemps par d'habiles mineurs, mais qui n'est en usage dans les mines militaires que depuis quelques années.

5° LA SOURIS DE RUGY. Procédé expérimenté en France vers la fin du siècle dernier, et imaginé par M. le général de Rugy.

6° LES AMORCES FULMINANTES, L'ÉTOUPILLE A PERCUSSION ET LE PÉTARD FULMINANT. Les amorces ont été proposées en 1812 par M. Coutèle, sous les inspirations de deux chimistes. L'étoupille à percussion à servi de la même manière que les batteries. Enfin, le pétard de Burnier a été expérimenté pour la première fois en 1834, à l'école régimentaire de Montpellier.

7° L'ÉTOUPILLF. Proposée en 1822 par M. le lieutenant Prost, des mineurs français, et soumise la même année à des expériences.

8° LA MÈCHE BICKFORD. Inventée en 1831 par un carrier anglais. On l'emploie le plus communément dans les exploitations des carrières. Elle est aussi en usage dans la guerre souterraine.

admettre qu'il ait pu proposer une semblable hérésie. L'amadou ne saurait brûler dans un espace privé d'air; d'ailleurs, trouverait-on des soldats doués d'assez de calme et de sangfroid pour travailler convenablement à côté d'une pareille menace de mort que le moindre accident pourrait réaliser à toute minute?

9° Le cordeau porte-feu. Imaginé en 1840 par M. le lieutenant du génie français La Rivière.Soumis d'abord aux essais à l'école régimentaire d'Arras, et plus tard, en 1847, employé dans les expériences de Bapaume. Mis en usage depuis dans toutes les écoles régimentaires du génie.

2. Tels sont les moyens directs de communiquer le feu aux mines militaires, mais il existe encore des moyens auxiliaires, qui se combinent avec les premiers, pour éviter le danger qu'il peut y avoir d'agir directement sur ceux-ci.

Ces moyens, classés par ordre chronologique, sont :

1° La mèche lente, dont l'invention et l'application sont antérieures à l'emploi des mines à poudre.

2° Le moine, indiqué par Vauban et connu sans doute avant lui.

3° La boite de boules, inventée par M. Boules, capitaine de mineurs. On s'en sert encore dans tous les travaux d'école.

4° La fusée de bombe ou de grenade, mise en usage par Lefèbvre vers 1778.

5° Les batteries, proposées par plusieurs officiers. Etienne en parle pour la première fois en 1779. Essayées en 1826 à l'école de Montpellier. En 1847, M. le major du génie Demarteau en propose encore une nouvelle.

6° Les amorces fulminantes, introduites par M. le capitaine Dufour. Essayées en 1822 à l'école régimentaire de Montpellier. Les mineurs hollandais en ont fait usage en 1845, et postérieurement à cette date.

CHAPITRE II.

DESCRIPTION DES PORTE-FEU ET MANIÈRE DE LES EMPLOYER.

—

1° SAUCISSON.

3. Ainsi que nous l'avons déjà dit (1), le saucissou est le moyen le plus anciennement connu pour porter le feu aux fourneaux de mine. Il se compose d'un tube de toile, de cuir, ou même de plomb entièrement rempli de poudre. L'une des extrémités de l'artifice plonge dans la charge, tandis que l'autre est conduite vers l'endroit où l'on veut donner le feu.

Les saucissons de toile sont communément employés dans les galeries souterraines; ceux de cuir étaient autrefois en usage dans les terres humides ([1]); enfin ceux de plomb servent à communiquer le feu à des charges submergées.

En vue de préserver les premiers de l'humidité, on les a pendant longtemps recouverts d'une espèce de gouttière renversée, formée de deux morceaux de planches clouées sur champ ([2]); ou bien on les

(1) M. DE SULLY s'est servi de cet artifice au siége de Dreux, en 1593.

(2) VAUBAN, 3e vol.

renfermait, comme cela se pratique encore aujourd'hui, dans un auget en bois construit au moyen de quatre lattes de $0^{m}.01$ d'épaisseur environ, fixées ensemble de manière à laisser entre elles une section vide de $0^{m}.04$ de côté.

4. Les premiers saucissons, *la sentinella* des Italiens, avaient $0^{m}.08$ à $0^{m}.11$ de diamètre (1). Ils étaient formés d'un boudin de toile serrée renfermant de la poudre mêlée à de la cendre, ou à de la sciure de bois bien sèche. Parfois aussi l'on employait la poudre seule, quand les circonstances exigeaient que la transmission du feu s'opérât plus rapidement.

5. Depuis la fin du 17e siècle, les dimensions du saucisson diminuèrent successivement. Sous le maréchal de Vauban, on lui donnait deux à trois pouces de diamètre ($0^{m}.05$ à $0^{m}.07$) ; plus tard on en construisit de 1 1/2 pouce (2) ($0^{m}.035$), et maintenant le diamètre de cet artifice ne dépasse guère $0^{m}.02$. Vers la fin du siècle dernier, quelques mineurs proposèrent même de réduire à trois lignes ($0^{m}.007$) le diamètre du saucisson et les expériences qu'ils entreprirent furent, paraît-il, couronnées d'un plein succès (3). Nous ignorons de quelle manière l'artifice était préparé.

6. M. le général du génie anglais Pasley semble avoir employé, le premier, des saucissons à enve-

(1) PAOLO MACERATA, *Attaque et défense des places.*

(2) LEBLOND, *Traité de la guerre souterraine,*

(3) ETIENNE, *Guerre souterraine.*

loppe de plomb composés de tubes remplis de poudre fine, ayant 0m.025 de diamètre et 20 à 25 mètres de longueur [1]. Les orifices sont fermés au moyen de bouchons de liége. On plie l'artifice en rond, sur un mètre de diamètre environ, pour en rendre le transport plus commode.

7. Depuis qu'on est parvenu à composer des enduits qui permettent de rendre pour ainsi dire imperméables les tissus de toile, de coton et de calicot, on a tout-à-fait abandonné les enveloppes de cuir. Voici comment on opère :

Des bandes de 0m.10 de côté étant découpées, on les enroule sur un mandrin de 0m,10 de longueur environ, de façon à pratiquer une couture en hélice après avoir fait un tour complet. On évite ainsi l'inconvénient d'avoir toute la partie faible dans un plan passant par l'axe du cylindre. On achève ensuite l'enroulement de la bande et l'on fixe le bord extérieur par une deuxième couture. De cette manière les enveloppes conservent assez bien leur rotondité, et le chargement devient facile.

Le fil employé pour les coutures doit être écru et bien ciré.

8. M. Léques, garde du génie français, a légèrement modifié la confection des enveloppes [2] : il applique au préalable trois épaisseurs de papier sur les bandes d'étoffe, puis il fait l'enroulement comme il vient d'être dit.

(1) *Spectateur militaire*. Janvier 1856.
(2) BOUTAULT, *Cours de mine*.

9. L'intérieur des saucissons est indifféremment rempli de poudre de chasse, de poudre d'infanterie, ou même de poudre de mine ; seulement, quand on emploie cette dernière qualité, il est indispensable de la passer au tamis, surtout pour les saucissons de petit diamètre.

La poudre est introduite dans les enveloppes à l'aide d'un entonnoir à col étroit, et pour que le tassement s'opère bien, on a soin de donner de petits coups de baguette à l'extérieur à mesure qu'elle descend.

Pour confectionner les petits saucissons, M. Boutault propose de coudre l'étoffe sur une spire métallique analogue aux élastiques des bretelles. Les enveloppes conservent alors une grande résistance, tout en offrant une parfaite rotondité.

Au régiment du génie on obtient directement le petit saucisson au moyen d'un appareil aussi simple qu'ingénieux. Nous aurons occasion d'en parler à propos du cordeau porte-feu (93).

10. Les saucissons étant très-sujets à s'altérer par l'humidité, on a beaucoup cherché à les rendre imperméables, surtout quand ils doivent séjourner longtemps sous terre ou dans des galeries humides. On s'est servi d'abord de goudron minéral que l'on appliquait au moyen d'une petite brosse ; puis on a fait usage de divers enduits hydrofuges que nous ne décrirons pas, parce qu'ils se rattachent plutôt à un cours d'artifices qu'à la question dont il s'agit. Nous dirons pourtant que malgré les recherches auxquelles

on s'est livré jusqu'ici, on n'a pas encore obtenu une composition pleinement satisfaisante.

11. Pour mettre le feu à un fourneau de mine, le saucisson est conduit dans un auget, à travers le bourrage, jusqu'à la boîte aux poudres, où on le développe d'une quantité suffisante.

L'artifice est fixé sur la semelle de l'auget par de petites pointes en fer, et son extrémité vers la poudre est retenue au moyen d'une cheville.

12. Afin d'assurer la communication du feu, on a quelquefois conseillé (1) de renfermer deux saucissons dans le même auget; dès lors si l'un d'eux vient à manquer, l'autre peut y suppléer.

Quand deux bouts de saucisson doivent se réunir, on les cloue ensemble après les avoir préalablement saignés, puis on les recouvre de quelques pincées de pulvérin. On prend également une précaution analogue dans les coudes pour éviter l'interruption du feu. Certain auteur (2), très-partisan de détails secondaires, ou peut-être trop consciencieux, a même été jusqu'à proposer de fixer le saucisson par une ficelle, à l'angle opposé de chaque coude, pour l'obliger à rester ouvert; mais c'est là, ce nous semble, une précaution sans valeur.

13. Le saucisson de $0^{m}.015$ de diamètre brûle en ligne droite à raison de de $5^{m}.32$ par seconde, ou de 320 mètres par minute (3). Dans les coudes, la

(1) LEBLOND, page 139.
(2) PRUD'HOMME, page 131.
(3) Note de M. le colonel GUILLEMAIN.

transmission du feu éprouve un léger ralentissement qui équivaut à une longueur de 0m.08. Il est indispensable d'y avoir égard pour les compassements.

14. L'expérience a permis de constater que deux saucissons placés dans un bon bourrage en terre, à 0m.50 l'un de l'autre, peuvent brûler séparément et donner lieu à deux explosions distinctes ([1]).

2°. BATTERIES.

15. Diverses espèces de batteries ont été proposées pour mettre directement le feu à des amas de poudre. La plus ancienne disposition de ce genre semble remonter à 1631, et avoir été imaginée par François de Malte, à qui l'on doit attribuer aussi l'invention de la fougasse ([2]).

Cette première batterie consistait en un rouet placé dans une des barriques contenant la charge. Une chaîne suffisamment longue était fixée au

([1]) M. Picot assure même qu'un intervalle de 0m.30, entre deux saucissons, est toujours suffisant· mais il suppose que les terres sont daméesavec le plus grand soin, ce qui ne peut avoir lieu dans les galeries.

([2]) Cette fougasse avait pour objet de lancer, sur une ville assiégée, une grande quantité de matériaux enflammés. Souvent encore le feu était communiqué à la charge par l'intérieur au moyen d'un amas de paille.

Quelques années plus tard, en 1659, on fit usage de fougasses devant Torn, mais elles ne servirent qu'à projeter des pierres.

cliquet et se développait dans une gouttière ou auget en bois. On pouvait ainsi donner le feu à l'instant désiré.

Le même auteur décrit également un moyen puissant de former des brûlots sur l'eau, ainsi que la manière de communiquer le feu à ses différentes parties (1).

(1) Nous allons rapporter textuellement le passage relatif à cette curieuse invention :

« Celuy qui veut entreprendre de bien construire un brulean » ne doit rien épargner pour mettre à exécution son dessein : » Et premièrement, faut avoir un vaisseau ou plusieurs, selon » l'occasion du temps, dedans lequel il rangera proprement » grande quantité de vieilles pièces de canons rompus, bien » chargez, faisant une traînée, ou porte-feu de poudre, passée » dextrement de châque canon à l'autre, depuis le premier » canon iusques au dernier, mettant leurs bouches aux embra- » sures ou sabots, tous prêts à tirer: cela estant ainsi disposé, » il faut avoir de la paille, et force filace trempée dedans de la » poix noire, de la thérébentine, colophone, et de la poix » liqnide: entortillez céte filace ainsi trempée autour du menu » bois, et la mestez parmy la paille, pour mettre parmy ces » pièces de canon ainsi disposez : céte paille et ce bois sera mis » en telle façon, que tout prendra feu, quand la meilleure partie » des canons auront tiré, et la pièce de canon qui donnera feu » à la paille, sera pointée en haut, pour faire sauter une partie » du tillac du navire et ensemblemét donner feu à quantité de » grenades de toutes sortes, vieux canons de mousquets, et des » bariques de pondre à canon mises en ordre sur le tillac, » pour faire voller ces choses en rang, tanstot l'un tans- » tot l'autre, par le moyen des portes-feux lents; mais » la première foucade doit estre bien furieuse, afin de don- » ner l'épouvante et le malheur ensemble aux approchants ;

16. En 1805, M. le capitaine Gillot proposa de réserver à la partie supérieure de la boîte aux poudres, un espace suffisamment grand pour recevoir une batterie particulière portant une fiole pleine de phosphore au lieu d'un marteau, tandis

» c'est-à-dire qu'il faut disposer la pluspart des canons de
» tirer presque de suitte l'un après l'autre, à fleur d'eau, et en
» même tèps les grenades voleront, les unes loing les autres
» près, et tantost une barique de poudre fera sauter un
» quartier du vaisseau ardent, et tantost une barique videra
» une autre partie du vaisseau flamboyant, jettant plusieurs
» sortes de feux ça et là. commes des bombes ou balles à feu.
» et pour empescher que toutes les bariques ne prennent feu
» ensemble, qui n'est pas une petite difficulté, il faut bien
» couvrir chaque barique avec de la colle forte, du plastre,
» de la toile cirée, ou chose semblable, et les mettre dedans
» une autre barique ; et pour leur faire prendre feu à vostre
» volonté, mettez à chacun un porte-feu lent, de telle longeur
» que désirez faire tarder l'un après l'autre : Et pour faire
» commencer ce beau jeu, placez deux ou trois roüets d'har-
» quebuse, bien attachez dedans le navire au bout de la traînée
» de poudre qui commercera à donner feu aux canons ; et qu'à
» châque cliquet desdits roüets soit attaché un bout de verge de
» fer, et que l'autre bout passe à travers le bout du navire, et soit
» attaché à des pièces de bois, qui seront disposées tout autour
» du navire en dehors, comme une ceinture ; en sorte qu'estant
» touchez de quelque chose, tant soit rude, feront joüer les
» roüets, et ainsi donneront feu au commencement de la
» traisnée : Et pour le faire joüer estant accroché il faut
» attacher du fil de fer à châque cliquet des roüets et l'autre
» bout du fil de fer sera attaché à des pièces de bois joignant
» au bord du navire, en dedans, en sorte que les premières
» choses qui les touchera, les fera joüer comme ceux du
» dehors. »



qu'une tige en fer remplace le bassinet. Une ficelle attachée à la détente, et garantie par un auget bien uni à l'intérieur, permet de produire à volonté la rupture du flacon.

17. L'école hollandaise a essayé, depuis, plusieurs appareils du même genre qui ont, sur la batterie de M. Gillot, l'incontestable mérite d'avoir été soumis à l'expérience.

On trouve dans les œuvres des mineurs de ce pays (année 1842) la description suivante d'une batterie à percussion :

Sur une plaque en fer se trouve un ressort terminé par un marteau ; celui-ci est mis en mouvement par une griffe fixée au pied d'un levier vertical et s'abat sur une amorce explosible qui détermine le jeu du fourneau.

Pour se servir de cette batterie, on la visse fortement soit au couvercle de la boîte aux poudres, soit contre l'un des côtés. Une corde suffisamment longue, garantie par un auget, et fixée à la tête du levier, sert à faire agir le marteau au moment voulu.

Afin d'assurer la réussite du porte-feu, il est bon d'employer deux amorces au lieu d'une, et de les confectionner avec le plus grand soin.

18. Les Hollandais ont aussi soumis à l'essai un appareil qui consiste en une planchette percée de trois trous dans lesquels s'engagent des amorces fulminantes. Un grand levier, mobile autour de son extrémité inférieure, est disposé au-dessus des amorces ; l'autre extrémité est munie d'un œil pour

recevoir la corde destinée à le faire mouvoir.

Afin de prévenir toute rupture prématurée des amorces par une chute accidentelle du levier, on dispose sous la tête de celui-ci, et normalement à la planchette, un ressort convenable dont le jeu doit précéder celui du levier. A cet effet, une corde spéciale est attachée à la partie supérieure du ressort, et permet de le manœuvrer à volonté.

Quand on veut se servir de l'appareil on le fixe contre l'une des parois de la caisse, en mettant les amorces en communication avec la charge. Les deux cordes sont alors disposées dans un même auget jusqu'à l'entrée de la galerie; l'une d'elles étant tirée, le ressort se dégage et donne passage au levier qu'une traction brusque de la seconde corde abat sur les amorces.

19. Les appareils qui précèdent ont été essayés en Hollande, en 1845, non seulement pour mettre directement le feu aux poudres des fourneaux de mine, mais aussi pour amorcer des saucissons en remplacement du moine ou de la boîte de Boules. Dans l'un et l'autre cas les expériences paraissent avoir répondu à l'attente des opérateurs.

20. M. le colonel du génie Emy propose également (1) d'employer une platine à percussion pour donner le feu aux fougasses. Cette platine, fixée contre la boîte aux poudres, est manœuvrée au moyen d'une corde contenue dans un auget.

(1) EMY, *cours de fortification*

Comme on le voit, ce dispositif ne diffère en rien de celui décrit par François de Malte en 1631.

3°. LA FUSÉE PORTE-FEU.

21. La fusée porte-feu que beaucoup d'ingénieurs modernes [1] attribuent improprement à M. le capitaine du génie français Esnault, est d'origine fort ancienne. Il est constant que le général Coehorn la connaissait déjà en 1701 [2] et qu'il la portait même en assez haute estime pour préparer son emploi [3] par des dispositions permanentes.

Malgré cela, nous n'oserions pas affirmer que le mérite de cette invention doive être attribué à Coehorn, car ce général ayant maintes fois puisé ses inspirations dans l'école allemande, il ne serait pas étonnant qu'il y eut aussi emprunté la fusée.

22. Les résultats fournis d'abord par ce porte-feu ne semblent pas néanmoins avoir été très-satisfaisants, puisqu'on l'abandonna bientôt pour ne le reprendre qu'environ un siècle plus tard. C'est alors que M. Esnault l'employa de nouveau dans la guerre souterraine. Après lui, quelques ingénieurs hollandais examinèrent encore cette question et

(1) EMY, FALLOT, BOUTAULT, etc.

(2) *Histoire du corps des mineurs hollandais.*

(3) Lors de la construction de Berg-op-Zoom, Coehorn fit disposer des conduits en pierre de taille pour porter le feu, au moyen de fusées, à des fougasses établies sous les glacis.

proposèrent des artifices dont nous parlerons plus bas.

23. La fusée porte-feu en usage dans les écoles régimentaires du génie, consiste en un cartouche étranglé à la partie inférieure et rempli d'une composition destinée à brûler avec rapidité.

Le cartouche de notre fusée a $0^{m}.16$ de longueur totale, $0^{m}.016$ de diamètre intérieur et $0^{m}.02$ de diamètre extérieur. L'âme est de forme tronconique pour présenter une grande surface d'inflammation ; elle a $0^{m}.04$ de longueur, $0^{m}.008$ de diamètre à la base et $0^{m}.005$ à la partie supérieure. Le massif, ou la partie pleine, a $0^{m}.09$ de longueur environ.

La confection de la fusée est extrêmement simple, mais comme elle appartient plus spécialement à un cours d'artifices nous nous abstiendrons d'en parler.

Quand le feu est mis à la composition intérieure, une grande quantité de gaz se développent et la tension qu'ils exercent contre les parois de l'âme détermine le mouvement de l'artifice.

24. En 1847, M. le sous-lieutenant Wirst imagina une fusée particulière destinée à porter le feu à des charges contenues dans des enveloppes de plomb hermétiquement fermées. Cette fusée était garnie d'une tête conique en forte tôle, renfermant une certaine quantité de pulvérin. Celui-ci communiquait avec l'intérieur du cartouche au moyen de deux petites ouvertures.

Cet artifice a toujours bien réussi, et l'ou est même

parvenu à percer des enveloppes en plomb présentant une épaisseur de 0m.0015.

25. Cinq ans plus tard, en 1852, M. le lieutenant Schoffers prépara des fusées à peu près semblables pour agir sur des enveloppes de verre. Les têtes de ces fusées étaient simplement garnies d'un clou. On renfermait la poudre dans des dames-jeannes bien fermées, ou dans des fioles ordinaires à vin. L'explosion d'une des bouteilles avait toujours pour résultat de briser toutes les autres et d'en enflammer les charges.

26. Pour faire usage de la fusée porte-feu, on dispose depuis la boîte aux poudres jusqu'à l'entrée de la galerie un auget à parois intérieures parfaitement dressées; on introduit ensuite l'artifice, puis on enflamme la petite mèche dont il est garni. Il part alors avec une grande rapidité pour se porter dans les poudres où il détermine l'explosion.

27. Lorsqu'il s'agit de mettre le feu à plusieurs fourneaux à la fois, ou bien quand la galerie présente des coudes prononcés, on place une fusée à chaque changement de direction, et on la dispose de manière à prendre aisément feu lorsqu'une autre fusée vient brûler contre elle. A cet effet, on fixe légèrement l'étoupille au moyen d'un clou pour éviter tout dérangement et on la saupoudre de pulvérin.

Si l'auget conducteur ne présente que des changements de direction insignifiants, on peut n'employer qu'une seule fusée, pourvu qu'on prenne soin de racheter les coudes par des parties d'augets courbes convenablement dressés.

La marche des fusées est si rapide que le compassement des feux est rendu inutile lorsque plusieurs fourneaux doivent jouer à la fois (1).

28. Pour donner le feu aux charges des contre-puits on emploie d'habitude des fusées plus petites que les précédentes, mais on peut aussi se servir de ces dernières sans inconvénient. Un canal convenable est ménagé dans l'une des parois de la gaîne et sert à recevoir et à diriger l'artifice.

29. Afin de garantir les galeries souterraines des gaz développés par la fusée, on peut placer dans l'auget conducteur quelques soupapes en tôle qui se soulèvent lors du passage de l'artifice, et qui retombent ensuite d'elles mêmes, par l'effet de leur poids, pour intercepter toute communication.

30. On s'est aussi servi de tuyaux en fer blanc, emmanchés les uns dans les autres, pour suppléer aux augets en bois. Ce moyen est même préférable au premier en ce que les conduits sont plus parfaits; mais il ne paraît pas qu'on l'ait soumis jusqu'à présent à des expériences bien sérieuses.

4. L'ÉLECTRICITÉ.

31. En examinant avec attention les phénomènes curieux qui se rattachent à l'histoire de l'électricité,

(1) Cependant PICOT avance, dans ses *Études sur la guerre des siéges*, que la rapidité de cette marche est simplement égale en minutes, à la longueur de la fusée, en mètres. Nous avons pu constater souvent que cette assertion n'est rien moins qu'exacte.

on est naturellement conduit à faire remonter au milieu du siècle dernier les premières tentatives d'inflammation par l'étincelle.

En 1742, les savants d'Allemagne emploient déjà des appareils puissants pour développer le fluide électrique, et le docteur anglais Watson (1) fait connaître qu'il a allumé la poudre, l'esprit de vin et d'autres substances combustibles, par une décharge suffisante d'électricité vitrée.

32. Quatre ans plus tard, on parvient à accumuler le fluide en multipliant les appareils et les surfaces. M. Coemus (2) trouve la bouteille de Leyde, et l'on arrive ainsi à augmenter la puissance des effets électriques.

33. Ces faits significatifs donnent une nouvelle impulsion à la science, le champ des recherches s'agrandit et le docteur Franklin, qui ignorait sans doute les expériences du physicien Watson, parvient également à enflammer des amas de poudre au moyen de l'étincelle électrique (3).

Il se servait à cet effet d'une batterie composée de

(1) GUILL. WATSON. — Transactions philosophiques.

(2) Cette découverte est attribuée par Lamé et par Peclet au physicien hollandais Mussenbrouck; mais nous avons tout lieu de croire que l'honneur en revient plutôt au physicien allemand Coemus.

(3) Voici le passage d'une lettre de B. Franklin, datée du 27 juillet 1750:

« . . . . I have not heard dat any of your
» European electricians have ever been able to fire gun-powder
» by the electric flame; we do it here in this manner: a small

quatre jarres. L'étincelle était portée à distance par l'intermédiaire de deux conducteurs en cuivre dont les extrémités, dirigées l'une vers l'autre, étaient séparées par un intervalle d'un demi-pouce. Celles-ci s'engageaient dans un tube métallique renfermant du pulvérin bien tassé. Les deux bouts de ce tube d'amorce étaient lutés avec soin pour que les pointes conservassent leurs positions relatives.

35. Quelques années plus tard, en 1786, cette belle découverte semble sortir du domaine de la science pour recevoir une première application dans les arts. L'étincelle électrique est mise à profit par M. Isnard d'Evreux pour détruire des rochers sous l'eau [1]. Il fait usage d'une pile composée de deux bouteilles de Leyde, et de conducteurs en fil d'archal disposés parallèlement. L'amorce est semblable à celle du docteur Franklin. L'expérimentateur parvient à enflammer des charges submergées à 20 mètres de distance.

» cartridge is filled with dry gun-powder, hard rammed, so as » to bruise some of the grains. Two pointed wires are then » thrust in, one at each end, the points approaching, each » other in the middle of the cartridge, till within the distance » of half an inch; then the cartridge being placed in the circle, » when the four jars are discharged, the electric flame leaping » from the point of one wire to the point of the other, within » the cartridge amongst the powder fires it, and the explosion » of the powder is at the same instant with the crack of the » discharge. »

« B. Franklin of Philadelphia to P. Collinson Esq. at London. »

(1) EMY. *Cours de fortification.*

Mais cet appareil, fondé sur l'emploi de l'électricité statique, est trop imparfait encore pour éveiller l'attention sérieuse des ingénieurs. Il faut attendre de nouveaux progrès de la science.

35. En 1789, Volta et Galvani découvrent l'électricité dynamique. Ils refont, au moyen d'appareils spéciaux, toutes les expériences tentées avec les premières machines, et produisent des effets calorifiques surprenants.

Cette admirable découverte, la plus importante dont le XVIIIe siècle ait le droit de s'énorgueillir, marque une ère nouvelle pour la science. La force électromotrice est étudiée sous toutes ses phases, et l'on voit bientôt ce flambeau sublime se répandre en flots de lumière dans les arts et dans l'industrie.

36. Quoique nous manquions de documents bien précis sur l'emploi de l'électricité dans les simulacres de guerre souterraine, il paraît certain que les Russes ont droit à l'honneur d'en avoir fait usage les premiers. Vers 1828, M. le général von Schilder entreprend à St-Pétersbourg, sous les yeux du czar Nicolas, une série d'expériences curieuses (1). Il enflamme des charges à 800 mètres de distance, et parvient même, au dire de quelques voyageurs, à faire sauter une partie de glacis en mettant le feu à plusieurs fourneaux à la fois.

En 1831, le docteur Hare, de Philadelphie, construit un appareil propre à communiquer le feu à

(1) *Journal des armes spéciales*, 1842.

des amas de poudre. Les tentatives de l'expérimentateur sont toujours couronnées d'un plein succès; mais sa machine, trop compliquée et trop peu maniable, est bientôt abandonnée.

En 1837, des expériences sont tentées en Hollande, et un officier de mineurs enflamme des fourneaux de mine à des distances de 75 et 100 mètres au moyen de la pile de Volta.

Vers la même époque M. de Molt fait aussi, sur la Newa, quelques expériences pour communiquer le feu à des charges submergées.

37. Tous ces résultats sont trop significatifs pour ne pas intéresser vivement les ingénieurs militaires et attirer leur attention. Aussi, voit-on bientôt M. le capitaine hollandais Merckes étudier avec le plus grand soin tous les effets qui se rattachent à la mise à feu des fourneaux, dans les circonstances ordinaires de la guerre, et se livrer à de nombreuses expériences sur l'inflammation par l'électricité.

Après lui, M. le général Pasley emploie avantageusement l'appareil voltaïque dans la démolition de navires sous l'eau, et un physicien irlandais, Hamilton Morgan, fait connaître que dans le pétardement, il a aussi substitué avec succès la pile galvanique à la mèche Bickford.

On voit enfin presque toutes les écoles du génie diriger des recherches sérieuses sur l'application de la force électro-motrice dans les travaux de guerre souterraine. En 1847, les Français en font un fréquent usage au simulacre de siége de Bapaume

et notre régiment l'emploie également dans ses travaux.

38. Le coup d'œil rapide que nous venons de jeter sur l'histoire du porte-feu électrique ne nous semble pas dépourvu d'intérêt, car il prouve que son application dans les mines militaires, loin d'être la conquête d'un seul jour, n'a été, au contraire, que le résultat d'inductions longuement calculées.

Nous allons actuellement entrer dans quelques détails au sujet des différents moyens de mise à feu par l'électricité employés jusqu'aujourd'hui.

39. La découverte de l'électro-magnétisme a donné naissance à une foule d'appareils ; les uns reposent sur la production des courants d'induction engendrés sous l'influence des aimants, les autres sont basés sur l'action des courants dynamiques.

D'après cela, on voit qu'il existe en réalité trois puissances électriques, et l'on peut, pour l'intelligence des développements qui vont suivre, adopter la classification ci-après :

1°. Production de l'étincelle par la décharge des batteries électriques ;

2°. Action directe des courants voltaïques;

3°. Action des courants de tension créés sous l'influence des courants dynamiques.

Afin de ne pas sortir du cadre de ce mémoire, nous devons nous borner à un examen rapide des principaux appareils électriques qui peuvent servir à l'inflammation des fourneaux de mine.

1°. APPAREILS ÉLECTRIQUES.

40. On s'est d'abord servi d'une machine électrique, avec batterie composée d'un plus ou moins grand nombre de bouteilles (Franklin, M. Isnard); celles-ci étaient disposées dans une même boîte, et les garnitures intérieures communiquaient entre elles au moyen d'un conducteur formé de plusieurs tiges métalliques.

Quand la machine électrique est suffisamment forte, on peut charger directement un condensateur à grande surface [1]. Dans le cas contraire, il est indispensable de recourir à l'artifice particulier connu sous le nom de charge par cascade.

Pour faire usage de cet appareil, on emploie deux conducteurs et une amorce; cette dernière est placée au centre des poudres à enflammer.

La décharge de la batterie s'opère en mettant les extrémités libres des conducteurs en communication, d'une part, avec le système des surfaces extérieures des bouteilles, et, d'autre part, avec un point des tiges métalliques qui retiennent toutes les garnitures intérieures.

Les conducteurs doivent être parfaitement isolés, sinon le fluide se perd avant d'arriver à l'amorce, et l'inflammation n'a pas lieu.

(1) LAMÉ *Cours de physique*.

2°. APPAREILS VOLTAIQUES.

41. Parmi les nombreuses piles auxquelles l'électricité dynamique a donné naissance, nous devons considérer en premier lieu celle imaginée par Volta.

PILE VOLTAIQUE. Elle se compose d'un plus ou moins grand nombre de couples de plaques de cuivre et zinc, séparés entre eux par des disques de carton imprégnés d'une solution saline. Ces couples sont renfermés dans une caisse, et reposent ordinairement sur deux tiges cylindriques en verre. On les serre les uns contre les autres au moyen d'une vis de pression.

Les conducteurs destinés à conduire le courant, sont attachés d'un côté, au premier élément cuivre, et de l'autre, au dernier élément zinc.

42. PILES A COLONNES, PILES A COURONNES ET A TASSES, PILES A AUGES. Ces appareils n'ont pas été essayés dans les travaux militaires. Ils sont tout à la fois trop compliqués et trop peu maniables, pour pouvoir rendre des services sur lesquels on puisse compter.

43. PILE DE WOLLASTON. Cette pile a été étudiée avec beaucoup de soin par M. le capitaine Merkes. On la porte encore en assez haute estime dans toutes les écoles régimentaires du génie. En 1847, notre régiment en a fait construire une d'après les renseignements contenus dans le mémoire de M. Merkes.

Cet appareil est composé de douze couples de

plaques semblables montés sur une traverse en bois. A la partie inférieure, se trouve un système de douze auges en porcelaine ou en verre, placées dans une caisse que l'on peut manœuvrer à volonté au moyen d'un petit treuil. Ces auges contiennent de l'eau acidulée remplissant le rôle d'excitateur et de conducteur.

Chaque couple de plaques est formé de deux feuilles minces de cuivre et zinc parfaitement isolées. Les métaux sont placés de telle sorte que l'élément cuivre d'un couple communique avec l'élément zinc du couple voisin.

Par cette disposition, on voit qu'il est facile de faire agir la machine : l'élévation des auges force les couples à plonger dans le liquide, et l'action se produit instantanément.

Pour ne pas exposer sans utilité les métaux à une détérioration trop rapide, on doit abaisser les auges dès qu'on a obtenu le résultat désiré.

44. Lorsqu'il s'agit de produire de grands effets, on peut réunir plusieurs appareils voltaïques et les faire fonctionner ensemble. Il suffit alors d'établir les contacts entre les pôles, soit en réunissant ceux de même signe, ou bien en les faisant alterner selon la nature des résultats auxquels on veut arriver.

Les appareils voltaïques ont le grave défaut de donner lieu à des effets qui diminuent rapidement. Pour y remédier, on a imaginé des piles à effet constant dont le nombre est maintenant très-considérable, mais qui reposent cependant presque toutes sur

le même principe. Chaque élément contient deux liquides, séparés par un corps poreux, dans lesquels plongent des lames métalliques différentes. On trouve dans le traité de physique de M. Péclet un grand nombre d'appareils de cette espèce, dont les formes peuvent du reste varier à l'infini.

45. Pile de Daniell. Elle a été employée, en 1858, par M. le général Pasley dans des expériences faites à Chatham, et se composait d'une batterie de dix cylindres renfermant des dissolutions saturées de sulfate de cuivre et de sel marin ; celles-ci étaient séparées entre elles par une membrane poreuse. Une lame de cuivre plongeait dans la première dissolution, et une lame de zinc dans la seconde. Cette batterie, qui avait une grande puissance, donna lieu à d'excellents résultats.

46. Pile de Bunzen. Le régiment du génie, qui en fait avantageusement usage depuis plusieurs années, possède deux sortes d'éléments : les premiers ont $0^m.20$ de hauteur sur $0^m.125$ de diamètre, tandis que les autres n'ont que $0^m.13$ de hauteur et $0^m.09$ de diamètre.

Chaque élément se compose de quatre pièces de forme cylindrique, s'emboîtant les unes dans les autres. La première pièce est un vase de verre, contenant de l'eau acidulée; la seconde est un cylindre creux de zinc, ouvert aux deux bouts et plongeant dans la liqueur; la troisième est le diaphragme, formé d'un vase poreux en biscuit de porcelaine, contenant de l'acide nitrique concentré ; enfin la

dernière pièce consiste en un fragment de charbon, prismatique ou cylindrique, plongeant dans l'acide jusqu'aux trois quarts environ de sa hauteur.

Dans l'élément Bunzen, le zinc constitue le pôle négatif et le charbon le pôle positif; ce dernier pôle est réuni au pôle contraire de l'élément voisin au moyen d'une patte métallique recourbée.

Quand on emploie une batterie de dix petits éléments, ou de cinq grands, on obtient des effets assez puissants pour enflammer la poudre d'un fourneau de mine.

Le charbon dont on se sert provient généralement des cornues dans lesquelles on distille la houille pour produire le gaz à éclairer.

DES LIQUIDES.

47. Les physiciens ne sont pas d'accord sur les mélanges à employer dans les piles pour favoriser l'action des courants; néanmoins, de nombreuses recherches ont permis de constater que les dissolutions acides agissent avec plus d'énergie que les dissolutions de sels, et que celles-ci sont préférables aux dissolutions salines neutres. On a aussi remarqué que l'intensité des courants augmente avec la quantité de matières dissoutes, sauf pour l'acide sulfurique où le maximum d'action est obtenu en ajoutant à cette liqueur 50 à 70 centil. d'eau.

48. Le mélange employé par M. le capitaine Merkes était composé de 12.50 litres d'eau pure,

500 grammes d'acide sulfurique et 250 grammes d'acide nitrique. Toutefois, quand les conducteurs étaient placés dans des terres humides, ou sous l'eau, et qu'ils avaient un grand développement, le degré de la liqueur devait être sensiblement augmenté. M. Merkes portait alors la proportion d'acide sulfurique à 750 grammes et celle d'acide nitrique à 400 grammes.

49. Le mélange dont fait usage le régiment du génie diffère sensiblement du précédent : il est formé, en volumes, de 12 litres d'eau et d'un litre d'acide sulfurique. Parfois on y ajoute aussi 1/20 environ d'acide nitrique.

On a observé que l'action du courant augmente sensiblement quand on prend le soin de chauffer la liqueur.

Les mélanges sont conservés dans des cruches vernissées que l'on ferme hermétiquement au moyen de bouchons de liége.

DES CONDUCTEURS.

50. Pour que des fils métalliques puissent servir comme conducteurs dans les travaux de guerre souterraine, il est indispensable qu'ils satisfassent aux trois conditions suivantes :

1°. de posséder un grand pouvoir conducteur ;

2°. d'être suffisamment solides ;

3°. de pouvoir être maniés avec facilité.

51. Parmi tous les métaux essayés, le cuivre rouge

paraît offrir les plus grands avantages. Les conducteurs en plomb ont dû être rejetés, parce qu'ils ne présentent pas toutes les garanties de solidité désirables.

M. Merkes a employé deux sortes de conducteurs. Les premiers étaient formés de fil de laiton réunis bout à bout au moyen de petites ganses ; mais ils avaient l'inconvénient d'être peu maniables, et l'on devait les disposer le long d'un cordage pour éviter leur tortillement. Les autres consistaient en des rubans de cuivre rouge, formés d'une suite de bandelettes minces convenablement soudées bout à bout. Ces conducteurs rubanés avaient 0m.01 de largeur et 0m.0008 d'épaisseur. Ils ont toujours rempli le but qu'on en attendait.

M. Merkes eut un moment l'idée de se servir aussi de conducteurs formés d'une suite de chaînons en fil de laiton ; mais il y renonça bientôt dans la crainte d'obtenir, par ce moyen, des solutions de continuité trop fréquentes.

52. M. le général Pasley a fait avantageusement usage de fils de cuivre ayant 1/2 mill. de diamètre; ces fils jouissaient d'un grand pouvoir conducteur et pouvaient porter le feu à de grandes distances.

53. Le régiment du génie emploie fréquemment dans ses travaux, des conducteurs rubanés en cuivre rouge d'une seule pièce, qui ont 0m.0125 de largeur et 0m.001 d'épaisseur.

DES AMORCES.

54. Les amorces en usage avec les appareils voltaïques sont formées d'un fil mince de platine ou de cuivre, ou même d'acier, entouré de pulvérin. Leur confection peut donc varier à l'infini ; cependant, il est nécessaire qu'elle soit tout à la fois simple, facile et rapide.

55. M. Merkes a proposé trois espèces d'amorces, savoir :

1°. La première consiste en un morceau de bois de chêne parfaitement sec, portant deux traits de scie pour recevoir les extrémités des conducteurs métalliques ; ceux-ci sont reliés entre eux par deux ou trois fils minces d'acier, et maintenus en place au moyen de mastic ou de chevilles. On renferme cette amorce dans la charge quand on veut en faire usage ;

2°. La seconde amorce ne diffère de la précédente qu'en ce que le morceau de bois est remplacé par un petit cylindre de liége, garni de deux entailles pour recevoir les extrémités des conducteurs ;

3°. Enfin la troisième amorce consiste en une petite charge de poudre, contenue dans un étui particulier en bois ou en plomb, fermé par un tampon. Les extrémités des conducteurs sont garnies d'un fil d'acier et plongent dans la poudre en traversant le tampon.

On place cette dernière amorce contre la boîte aux poudres quand on veut l'employer. Son explosion détermine nécessairement celle du fourneau.

M. Merkes prescrit du reste quelques règles, fruit de ses nombreuses observations, auxquelles il est bon d'avoir égard, les voici :

1°. Eviter de se servir, pour les grandes distances, de fils d'acier plus forts que le n° 12 du commerce ;

2°. Réduire à 0m.02, ou à 0m.025 au plus, la partie de fil qui doit rougir quand on opère à de grandes distances ;

3°. Employer toujours deux et même trois fils d'acier à chaque amorce ;

4°. Etablir avec soin le contact entre les conducteurs ;

5°. Faire usage de pulvérin bien sec pour entourer les fils ;

6°. Enfin, supprimer les bouts de fils d'acier qui ne doivent pas rougir.

56. L'amorce employée par M. le général Pasley, diffère peu de la troisième amorce de M. Merkes. Elle est formée d'un tube métallique contenant une petite charge. Les extrémités des conducteurs sont réunies par un fil mince de platine, et pénètrent dans ce tube qui est fermé avec soin.

Pour faire jouer des mines submergées (démolition de navires sous l'eau) les tubes-amorces sont adaptés aux cylindres qui renferment les charges [1].

57. L'amorce dont on fait usage dans le système Ronfleur est renfermée dans la poutrelle de tête. Elle consiste en une petite boîte électrique de 0m.10

(1) Brochure de M. MERKES

de longueur environ, dans laquelle viennent se fixer les extrémités des conducteurs rubanés. Ceux-ci sont séparés entre eux par un intervalle de $0^m.08$, et sont reliés par deux fils minces d'acier. La boîte est remplie de pulvérin bien sec, puis fermée avec du papier que l'on colle sur les bords. On place ensuite une petite charge de 3 kil. dans le creux de la poutrelle, et l'on enveloppe hermétiquement le tout dans du fort papier.

COMPASSEMENT DES FEUX AU MOYEN DES APPAREILS DÉCRITS PRÉCÉDEMMENT.

58. M. Merkes, qui a fait sur cette question une série d'expériences fort intéressantes, est parvenu à donner le feu à trois fourneaux à la fois. Le compassement était obtenu au moyen de fils minces d'acier, de $0^m.02$ à $0^m.03$ de longeur, traversant les amorces, et se rattachant aux conducteurs principaux qui passaient dans le voisinage des charges.

59. M. Pasley, en opérant avec la pile de Daniell, ne fut pas aussi heureux. Quoique les conducteurs métalliques traversassent directement les charges, il n'y en eut jamais qu'une seule qui prit feu à chaque expérience.

3°. APPAREILS SECONDAIRES

basés sur l'action des courants de tension, créés sous l'influence des courants dynamiques.

60. Après la magnifique découverte de Faraday, relative à la création des courants voltaïques, d'ha-

biles physiciens imaginèrent des appareils spéciaux pour développer, avec plus de puissance, cette électricité d'induction. MM. Masson et Breguet vinrent d'abord jeter un grand jour sur cet important phénomène ; mais leurs machines étaient trop compliquées pour qu'elles pussent rendre des services dans la guerre souterraine.

61. On doit à M. Rhumkorff un appareil plus simple et plus maniable, qui a obtenu, jusqu'à présent, beaucoup de vogue dans les travaux d'école. Nous n'en donnerons néanmoins qu'une description rapide, et nous renverrons, pour des détails complets sur la matière, à un mémoire fort intéressant de M. Du Moncel.

La machine dont fait usage le régiment du génie se compose d'une bobine, contenant un faisceau de fils de fer, et recouverte de deux hélices métalliques en fils minces de cuivre isolés de diamètres différents. La première hélice reçoit le courant voltaïque, qui détermine par suite un courant d'induction dans les nombreuses spires de la seconde. L'interrupteur de M. de Larive est adapté à la bobine ; il a pour objet de fermer ou d'interrompre le courant voltaïque, établi primitivement par un commutateur particulier.

62. Le courant dynamique est généralement engendré au moyen de deux éléments de la pile Bunzen. C'est ainsi du reste qu'a opéré M. Rhumkorff dans les nombreuses expériences auxquelles il s'est livré.

En france, dans les travaux d'école, on a tenté d'employer un plus grand nombre d'éléments, mais quatre ont presque toujours suffi pour détraquer complètement l'appareil.

63. Les courants d'induction pouvant aussi être réalisés sous l'influence d'un aimant persistant, que l'on approche ou que l'on éloigne à volonté d'un circuit en spirale, plusieurs physiciens ont construit des appareils qui reposent sur ce principe.

Celui de M. Clarcke existe au régiment du génie. Il se compose d'un fort aimant en fer à cheval, portant en regard des pôles un électro-aimant mobile, recouvert de fils disposés en spirale. Un commutateur à renversement de pôle, relié aux fils, est placé sur l'axe de rotation de l'électro-aimant, pour que le circuit soit toujours parcouru dans le même sens par les deux courants.

Cette machine a été employée avec succès par M. Rhumkorff pour remplacer les éléments Bunzen.

DES CONDUCTEURS.

64. Le conducteur dont s'est servi M. Rhumkorff[1], pour porter le fluide électrique au centre des poudres, était formé d'un fil mince de cuivre rouge de 0m001 de diamètre, bien isolé au moyen de trois enveloppes en gutta-percha pur.

65. Celui en usage au régiment du génie est

(1). *Notice sur l'appareil d'induction de Rhumkorff*, par M. DU MONCEL.

également en cuivre rouge ; il a 0m0015 de diamètre, et n'est recouvert que d'une seule enveloppe en gutta-percha. Son diamètre total est de 0m0035 environ.

DES AMORCES.

66. Lors de l'établissement du fil télégraphique de Douvres à Calais, en 1851, le hasard ayant fait découvrir que l'électricité dynamique peut produire l'étincelle, quand elle traverse un corps de conductibilité secondaire ([1]), plusieurs physiciens composèrent des amorces, dans des conditions physiques analogues à celles constatées lors du phénomène. Nous allons passer rapidement en revue les amorces qui paraissent offrir le plus d'intérêt.

67. Amorce Statham. Elle est composée de deux bouts de fil de cuivre rouge, recouverts de gutta-percha jusqu'à 0m.02 environ de leurs extrémités ; celles-ci s'engagent, d'un côté, dans un cylindre en gutta-percha vulcanisé, de façon à conserver entre elles un intervalle d'environ 0m.003. Un vide, destiné à recevoir du pulvérin, est ménagé dans ce cylindre, qui est lui-même garni d'une enveloppe en caoutchouc. Les autres bouts du conducteur sont disposés en torsade.

68. Amorce Rhumkorff. Cette amorce consiste en une ampoule de verre qui reçoit les deux extrémités effilées du conducteur, ainsi qu'une petite

([1]) Notice de M. du Moncel.

quantité de poudre. Une solution de continuité de $0^m.001$ seulement existe entre les pointes.

69. Amorce du Moncel. M. du Moncel ayant reconnu que le gutta-percha vulcanisé favorise la décharge électrique, et augmente même les effets calorifiques du courant, supprima les ampoules de verre, et substitua à la poudre du fulminate de mercure.

Son amorce se compose d'un bout de fil de cuivre, recourbé sur lui-même en spirale, et isolé par du gutta-percha. Dans la partie arrondie, le fil est mis à nu sur une certaine longueur et coupé au moyen d'une pince. Les bouts sont alors appliqués sur un morceau de liége carbonisé par l'acide sulfurique. On charge cette amorce avec du fulminate de mercure, puis on la dispose dans un cartouche contenant de la poudre ordinaire.

70. MM. Rhumkorff et Verdu ont cherché à obtenir un bon compassement de feux, en interposant plusieurs amorces semblables sur le même circuit; mais ils ne sont pas parvenus à enflammer plus de quatre fourneaux à la fois, l'étincelle allant toujours s'affaiblissant après le départ d'une amorce.

Nous passerons sous silence les magnifiques épreuves auxquelles s'est livré M. du Moncel, lors du creusement du port de Cherbourg, pour faire sauter des charges submergées. On trouvera, dans une notice de ce savant physicien, des détails complets sur les opérations qu'il a entreprises à cette occasion.

71. Amorce Savare. En vue d'arriver à un compassement plus parfait, M. Savare, capitaine du génie français, s'est attaché à rendre impossible toute perte de courant après l'explosion des amorces. A cet effet, il termine les extrémités du fil de cuivre par deux pointes effilées d'alliage fusible, et il charge la fusée avec du pyroxile. L'enveloppe est ensuite formée d'une étoffe rendue inflammable. Le deutosulfure d'étain, ou le sulfure noir de mercure, sont employés comme conducteurs secondaires.

72. Amorce Mereault. Elle est formée d'un bouchon de liége affaibli sur un tiers environ de sa longueur. Suivant l'axe se trouve un fil mince de platine ou d'acier convenablement luté avec du soufre. Une petite entaille est pratiquée dans la partie amincie, et sert à couper le fil pour obtenir la solution de continuité nécessaire ; cette entaille est ensuite remplie de fulminate de mercure. On introduit partiellement le bouchon, ainsi préparé, dans un cartouche contenant une petite charge de poudre, et l'on greffe une des extrémités du fil sur le circuit principal, ou sur une branche dérivée de ce circuit.

73. Amorce Verdu. M. Verdu, colonel du génie espagnol, a fait usage de la fusée Statham en substituant à la poudre du fulminate de mercure. Les nombreuses expériences tentées par cet officier, ont été couronnées du succès le plus complet. Il est parvenu à faire jouer jusqu'à six fourneaux à la fois ; mais pour un plus grand nombre de charges, il propose de les réunir par groupes

de cinq, et d'établir un circuit particulier pour chacun d'eux; de cette manière, les explosions peuvent être rendues pour ainsi dire instantanées.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ.

74. Tous les systèmes décrits précédemment peuvent servir à communiquer le feu aux fourneaux de mine. On dispose, à cet effet, les appareils dans des endroits spéciaux, à la queue des galeries, et les fils conducteurs sont conduits vers les boîtes aux poudres. Ces fils sont généralement supportés par les montants des chassis, vers la partie supérieure. Quand on emploie des conducteurs rubanés, les raccordements se font au moyen d'une petite mâchoire en fer préparée à dessein; les bouts à réunir sont alors préalablement décapés sur toute l'étendue de la surface en contact.

Les autres conducteurs, formés d'un fil garanti par une enveloppe en gutta-percha, doivent être établis de façon à éviter tout accident qui pourrait produire des solutions de continuité. Dans les fourneaux se chargeant après bourrage, on les cloue généralement sur les mandrins; mais ce moyen n'est pas sans inconvénients, comme nous le ferons voir par la suite.

5°. SOURIS DE RUGY.

75. En vue de remédier à certains défauts que présente le saucisson, M. le général de Rugy, ancien

commandant de l'école des mineurs, à Verdun, a imaginé *la souris*.

Ce moyen consiste à établir, dans la galerie, un double auget coudé se raccordant avec une autre partie d'auget en communication avec la charge. Une corde sans fin, garnie d'une petite chaînette, se développe dans le premier conduit, et permet de diriger, vers le fourneau, une mèche allumée qui enflamme, à l'entrée du coude, un dépôt de pulvérin destiné à produire l'explosion.

Malgré la grande simplicité de ce moyen, et les avantages qu'il semble présenter, son auteur n'est pas même parvenu à le faire toujours réussir, soit que la corde s'embarrassât dans les augets, ou que la mèche s'éteignît dans le parcours qu'elle devait effectuer.

M. Rittier, capitaine de mineurs, qui sans doute n'avait pas réfléchi assez attentivement aux imperfections de ce procédé, imagina de substituer à la mèche une lance à feu, fixée par un fil d'archal à la chaînette du cordeau sans fin. Quelques épreuves faites à Metz, en 1781, ont pourtant donné lieu à des résultats satisfaisants.

6°. AMORCES CHIMIQUES.

76. Il existe plusieurs moyens de communiquer le feu aux fourneaux de mine par des compositions chimiques. On place, dans le voisinage de la charge, une amorce fulminante dont on détermine l'inflam-

mation à un moment donné, soit par l'effet d'un choc ou par un simple frottement.

77. Amorce fulminante. Pour rémédier aux inconvénients du saucisson, et aussi pour apporter dans la consommation générale de la poudre une certaine économie, M. Coutèle propose de mettre à profit la composition détonnante découverte par MM. Bottée et Gengembre.

Cette composition est formée de 54 parties de muriate de potasse, 21 parties de nitre ordinaire, 18 de soufre et 7 de poudre de lycopode. Elle jouit de la propriété de détonner sous le choc d'un corps dur, et de communiquer ensuite le feu, sans explosion, aux parties voisines non percutées.

78. Etoupilles a percussion. Ces étoupilles sont à peu près les mêmes que celles employées par l'artillerie pour enflammer la charge des bouches à feu. Elles consistent en un petit cartouche rempli d'une composition détonnante. On emploie assez souvent, pour cet objet, le mercure de Howard et le pulvérin dans le rapport de 5 à 3, ou, mieux encore, dans celui de 10 à 7, afin de rendre la fulmination moins vive. Le chlorate de potasse, quoique généralement abandonné aujourd'hui par l'artillerie, à cause de la rouille qu'il produit, peut aussi servir pour former la composition des étoupilles. Nous renvoyons pour tous les détails de confection aux traités d'artifices.

79. Pétard fulminant. Il est analogue aux bonbons cosaques. M. le capitaine d'artillerie français Burnier a imaginé un artifice de ce genre pour

mettre le feu aux fourneaux de mine. Cet artifice consiste en une étoupille formée d'un tube en papier ou en cuivre, à l'intérieur duquel se trouve une boucle de tirage, terminée par une partie rugueuse; celle-ci est appelée à frotter sur une composition détonnante de manière à l'enflammer.

On fait usage, pour ces pétards, d'un mélange à parties égales de chlorate de potasse et de sulfure d'antimoine. Nous renvoyons, pour plus amples détails à ce sujet, au cours de mine de M. le commandant Boutault.

80. Quelle que soit la méthode suivie pour donner le feu à des fourneaux de mine, il est bon de placer plusieurs artifices dans la boîte aux poudres, afin d'augmenter les chances de réussite.

Les amorces fulminantes et les étoupilles à percussion, peuvent aussi être employées concurremment avec les batteries dont nous avons déjà parlé.

M. Coutèle propose encore de suspendre, contre la boîte aux poudres, une pierre, ou un morceau de fer, que l'on ferait tomber sur une petite quantité de composition détonnante. La chute du corps dur serait déterminée par le moyen d'une corde qui traverserait le bourrage dans un auget. Mais ce procédé, tout simple qu'il paraisse, n'a pas été soumis à des expériences.

81. Le pétard fulminant est placé dans la boîte aux poudres, et fixé à l'extrémité d'un cordeau qui sert à le faire détonner à l'instant voulu. Ce cordeau est garanti par un auget à parois inté-

rieures parfaitement lisses. S'il existe des coudes, on doit prendre la précaution de l'engager dans le trou d'un diaphragme pour en assurer le jeu.

7°. ÉTOUPILLE.

82. En 1822, M. Octave Prost, lieutenant du génie français, imagina (1) de remplacer par une étoupille le saucisson ordinaire. Cette étoupille consiste en une mèche double enduite de composition, et renfermée dans des roseaux. Ceux-ci sont ensuite disposés à la manière du saucisson dans un auget conducteur.

83. M. Poitevin apporta quelques changements à cette disposition. Il remplaça les roseaux par des augets étroits de deux à trois mètres de longueur chacun, formés de lattes refendues. Ces petits augets étaient eux-mêmes contenus dans des augets plus grands, goudronnés sur les quatre faces.

De nombreuses expériences ont été faites sur ce procédé de mise à feu, à l'école régimentaire de Montpellier, en 1822; mais les résultats n'ont pas été favorables: sur quarante essais, trente seulement ont réussi. Quoiqu'il en soit, ce moyen ne donne pas de fumée, et le feu est communiqué à peu près aussi rapidement qu'avec le saucisson.

(1) BOUTAULT. *Cours de mine.*

8°. MÈCHE BICKFORD.

84. La mèche lente, ou l'étoupille anglaise de Bickford, dont l'usage est devenu à peu près général en Belgique dans les exploitations des carrières, a été imaginée, en 1831, par un carrier du Cornouailles ; elle constitue, sans contredit, l'un des perfectionnements les plus utiles, apportés dans les opérations du tirage des pétards. Cette mèche brûle assez régulièrement de trois pieds environ ($0^m.91$) par minute, ce qui donne toujours aux ouvriers le temps de se mettre à l'abri des effets de l'explosion.

La mèche anglaise est composée d'une enveloppe tressée et goudronnée, de $0^m.005$ à $0^m.007$ de diamètre, contenant un noyau de matière fusante.

85. Dans le tirage des pétards sous l'eau, on fait généralement usage, en Angleterre, d'une étoupille particulière, nommée *sump fuse*, dont l'inflammation ne manque jamais. Celle-ci diffère peu de la précédente, mais son prix est sensiblement plus élevé.

86. M. Combes, dans son traité d'exploitation des mines, tient un langage fort élogieux sur les étoupilles anglaises ; il en recommande même généralement l'usage aussi bien dans les carrières sèches, que dans les roches aquifères ou sous l'eau.

On peut lire au sujet de cette invention, plusieurs rapports intéressants adressés à M. le ministre des travaux publics de Belgique [1], et un ouvrage de M. le

(1) Annales des travaux publics de Belgique, 3e vol.

général anglais Burghoyne, sur le tirage de la mine [1].

L'école royale des ingénieurs de Chatham a employé la première, en 1832, la mèche Bickford dans ses travaux de guerre souterraine. Plus tard, le régiment du génie belge en fit également usage pour porter directement le feu à des fourneaux de mine. Mais elle ne sert plus guère aujourd'hui, que comme moyen d'amorcer d'autres porte-feu, à cause de la lenteur de son inflammation.

Malgré tous les essais tentés jusqu'à ce jour, on n'est pas encore parvenu à imiter d'une manière satisfaisante la matière fusante que renferme cette étoupille [2].

La mèche lente de notre régiment ne lui ressemble en aucune façon ; une imitation complète serait du reste sans utilité, puisque le commerce fournit depuis longtemps des mèches Bickford rendues imperméables par une enveloppe en gutta-percha.

87. Pour effectuer le tirage des pétards, on introduit dans le trou une partie de mèche suffisamment longue, de manière à faire plonger son extrémité inférieure dans la charge. On procède ensuite au bourrage, puis on enflamme l'autre extrémité.

Le tirage dans les roches aquifères et sous l'eau, s'effectue aussi très-simplement : la charge est renfermée dans un sac de toile recouvert d'un enduit imperméable ; on y plonge une longueur convenable de mèche, serrée avec soin contre les bords du sac,

(1) Rudimentary treatise on blasting and quarrying of stone.

(2) PICOT prétend, mais à tort, que ce n'est qu'un simple noyau de poudre.

et l'on introduit celui-ci dans le trou, puis on confectionne le bourrage.

88. Autrefois, dans le tirage sous l'eau, la charge était déposée dans une boîte en étain à laquelle on fixait un petit tube métallique, ouvert aux deux bouts, et se prolongeant jusqu'au dessus du niveau de l'eau. On mettait ensuite le feu aux poudres en jetant, dans ce tube, un fragment de fer chauffé au rouge.

89. M. le général Pasley a fait également usage de la mèche Bickford pour porter le feu à des charges submergées très-considérables (1000 à 1100 kilogr.).

9°. CORDEAU PORTE-FEU.

90. Le cordeau porte-feu est le dernier moyen imaginé pour communiquer le feu aux fourneaux de mine, aux fougasses et même aux pétards. Il est dû à M. le lieutenant du génie français La Rivière qui l'a expérimenté pour la première fois en 1840. Depuis cette époque, les écoles régimentaires du génie de France en font un fréquent usage. On s'en est notamment servi avec beaucoup de succès dans les simulacres de guerre souterraine qui ont eu lieu à Metz, en 1844, et à Bapaume, trois ans plus tard.

91. On doit à M. le colonel du génie De Lannoy, aujourd'hui inspecteur général de l'arme, l'introduction de la corde française dans les travaux de

notre régiment. Ayant eu occasion, en 1834', d'en apprécier les propriétés avantageuses, cet officier général la signala d'une manière toute spéciale à l'attention de M. le ministre de la guerre, et exprima le vœu de la voir en notre possession (¹).

Le département de la guerre ne se montra pas indifférent à cette note. Dans sa profonde sollicitude pour toutes les questions qui se rattachent au progrès, il fit étudier cet artifice par l'école de pyrotechnie de Liége, et prescrivit de chercher à le reproduire. On fit construire à cet effet une machine particu-

(1) Voici quelques passages de la note qu'il adressa au sujet de ce porte-feu.

« ..... Sa première propriété est de transmettre le feu instan-
» tanément ; c'est ce que j'ai constaté du moins pour des lon-
» gueurs de 50 à 60 mètres, et un capitaine m'a assuré que dans
» une expérience faite d'une rive à l'autre de la Moselle, la
» corde passant sous l'eau, le feu s'est transmis à une distance
» de 120 à 130 mètres dans un instant inappréciable.

» Les autres avantages de cette corde sont de rendre inutile
» le compassement des feux, de donner un moyen certain de
» transmission, à toutes distances, en directions droites, courbes
» ou brisées, dans les terres comme sous l'eau, de ne point
» empoisonner les rameaux et les galeries par la fumée, de ne
» pas devoir être abritée par un auget, de pouvoir être cachée
» avec la plus grande rapidité, d'avoir enfin assez de sûreté et
» d'offrir assez de résistance pour ne pas courir le danger d'être
» déchirée ou brisée et pour pouvoir être attachée fortement.

» Voilà des propriétés assez importantes pour faire désirer
» que cette corde soit aussi en notre possession. C'est un objet
» qui mérite d'être étudié par les officiers de notre régiment du
» génie. »

lière qui donna lieu à des résultats assez satisfaisants sous le rapport mécanique : les cordeaux étaient bien confectionnés, mais ils avaient le défaut de s'altérer rapidement par l'humidité, et de produire un grand nombre de ratés (1).

En 1847, quelques unes de ces mèches furent expérimentées à Mons, dans les travaux de guerre souterraine exécutés par le régiment, et donnèrent lieu à des résultats complètement défavorables, malgré toutes les précautions prises pour en assurer la réussite (2).

D'autres essais du même genre furent encore tentés par la suite, mais ils ne répondirent pas à l'espoir qu'on en avait conçu; dès lors, l'école de pyrotechnie, dépourvue de tout intérêt direct dans la question, abandonna complètement les recherches auxquelles elle s'était livrée d'abord avec tant d'ardeur, et le cordeau La Rivière tomba dans l'oubli.

92. En 1853, M. le major du génie Carrette, qui avait aussi été à même d'apprécier les propriétés remarquables de la corde française, fit de nouvelles tentatives pour la reproduire. Il perfectionna l'appareil employé à l'école de Liége, et parvint à confectionner des porte-feu très-supérieurs à ceux obtenus précédemment.

Depuis cette époque, le régiment du génie les a repris dans ses travaux de guerre souterraine. On

(1) Mémoire sur les artifices, par M. le major Carrette.

(2) Rapport sur les travaux pratiques, par M. le colonel Eyckolt.

les soumet chaque année à de nouvelles épreuves et si les résultats obtenus jusqu'ici laissent encore à désirer, on peut du moins entrevoir déjà la possibilité de parvenir bientôt à une solution tout-à-fait satisfaisante.

93. Le saucisson La Rivière est simplement formé de trois à quatre mèches à étoupilles, renfermées dans une ou plusieurs enveloppes imperméables. Il est recouvert en outre d'un ficelage disposé en hélice et serré avec le plus grand soin.

La machine qui sert à le préparer est analogue à celle des passementiers. Elle se compose d'une table portant les différentes pièces du mécanisme, et d'un tambour pour l'enroulement du cordeau. Le ruban destiné à former l'enveloppe se déroule d'une bobine, et va s'engager dans un entonnoir, où il entoure un faisceau de mèches à étoupilles, et où il est lui-même saisi et serré par le ficelage.

Nous renvoyons du reste pour plus de détails à cet égard, aux notes sur les artifices de M. le major Carrette, et à l'aide-mémoire de Laisné (Edit. nouv.).

La combustion du cordeau La Rivière est presqu'instantanée ; on peut ainsi se dispenser de compasser les feux, quand on a plusieurs fourneaux à faire jouer à la fois.

Ce porte-feu s'emploie de la même manière que le saucisson, en le disposant dans un auget. En France, on a cherché à supprimer ce dernier et à conduire simplement l'artifice à travers le bourrage

mais nous pensons qu'il n'est jamais prudent d'en agir de la sorte, et que cette méthode doit donner lieu à de nombreux ratés.

Nous allons actuellement passer en revue les moyens employés pour amorcer la plupart des porte-feu décrits précédemment.

1°. MÈCHE LENTE.

94. La mèche lente dont on faisait autrefois usage, pour amorcer les pièces d'artifices, servait aussi dans les travaux de mine militaire à enflammer l'extrémité libre du saucisson.

Elle était formée d'un faisceau plus ou mois gros de fils de coton, bien imprégnés de pulvérin réduit en bouillie. L'eau pure était le seul liquide employé dans cette préparation [1].

95. Le régiment du génie se sert d'une mèche lente qu'il confectionne dans ses salles d'artifices. Cette mèche consiste en une enveloppe ficelée, renfermant, pour noyau, une composition fusante dans laquelle entrent du pulvérin, de la poudre et du salpêtre. Elle brûle un peu plus rapidement que la corde anglaise.

(1) F. DE MALTE, à qui nous avons emprunté cette description, juge avec assez de sévérité les innovateurs de son temps : « Il faut rejeter, dit-il, tous les ingrédiens desquels les » ignorants font grand cas, comme de l'eau de vie, du vin » blanc, du vinaigre, de l'urine, et maint autres sortes dont » je ne voudrais pas perdre mon temps pour les décrire. »

Cette mèche se fait de la même manière que le cordeau porte-feu, et avec la même machine.

Pour enflammer un fourneau de mine, on attache un bout de mèche suffisamment longue à l'extrémité du porte-feu employé, puis on l'allume en se retirant.

2°. LE MOINE.

96. Le moine, ou le bouloi, est un morceau d'amadou de forme pyramidale, ayant 0m.04 de longueur environ.

On fait généralement subir quelque préparation à l'amadou pour en rendre la combustion uniforme. A cet effet, on le soumet pendant un jour entier à un lessivage à chaud avec des cendres, puis on le bat et on le laisse sécher.

97. Le témoin est un morceau d'amadou en tout semblable au moine. Il est allumé en même temps que celui-ci, et sert à faire connaître l'instant où l'explosion de la mine doit avoir lieu.

Pour se servir du moine, on l'engage à travers une feuille de papier recouvrant l'extrémité libre du saucisson, de manière à ce que sa base plonge dans du pulvérin ; on l'allume ensuite, par son sommet, en même temps que le témoin, et l'on se retire à distance muni de ce dernier.

3° LA BOITE DE BOULES.

98. La vitesse d'inflammation des trois artifices qui précédent, étant variable avec la quantité plus

ou moins grande d'air pur contenu dans la galerie, on n'est jamais assuré de l'instant précis où la mine sautera ; c'est pour remédier à ce défaut que l'on a imaginé différents autres moyens.

99. Vers 1750, M. le capitaine Boules, des mineurs français, construisit un appareil fort simple nommé indifféremment *boîte-à-feu*, *boîte-à-tiroir* ou *boîte-de-Boules*, qui remédie d'une manière satisfaisante au défaut signalé.

Cette boîte, de forme prismatique, a 0m.50 de hauteur et 0m.15 de section intérieure; elle est supportée par un plateau qui déborde de toutes parts de manière à lui donner une assiette convenable sur sa base. Dans la face qui doit s'appliquer contre le bourrage, se trouve une ouverture destinée à introduire la partie libre du saucisson ; une ouverture semblable est ménagée vers le haut, dans la face antérieure, pour l'introduction de l'amorce. Aux deux tiers environ de la hauteur, règne, sur trois des côtés de la boîte, une coupure dans laquelle s'engage une planchette pouvant se mouvoir sans effort à l'aide d'une ficelle. La caisse est enfin munie d'un couvercle ayant un jeu facile, et fixé simplement par un clou.

Pour se servir de cette boîte, on l'établit à la queue du bourrage [1], en faisant pénétrer l'extrémité libre

(1) M. le capitaine COUTÈLE commet encore une erreur, en disant que la boîte de Boules doit se placer dans la charge.

du saucisson de 0m.15 environ à l'intérieur. Généralement, on se borne à l'assujettir au moyen de pierres, de terre, ou de gazons ; on forme ensuite l'amorce d'un peu de pulvérin, puis on place sur le tiroir une étoile à six ou huit pointes, formée d'une mèche bien saine, dont on allume quelques bouts avant de s'éloigner.

En opérant sur la ficelle une traction brusque, la planchette abandonne sa coulisse et l'étoile tombe sur l'amorce pour lui donner le feu.

Il est important de ne pas mettre trop de pulvérin comme amorce, de ne fixer que très-légèrement le couvercle de la boîte, et de ne fermer qu'en partie, afin d'éviter une explosion ; car il pourrait arriver, dans le cas où l'on aurait plusieurs fourneaux à faire sauter à la fois, que les débris enflammés de la boîte aillent transmettre le feu à des saucissons voisins, et qu'ainsi les effets du compassement soient complètement détruits.

100. Vers 1779, M. Étienne fit usage de *la souricière* qui n'est qu'une variété de la boîte à-feu.

Elle consiste en une gaîne sans fond ni couvercle, formée de quatre planches ayant 0m.06 à 0m.10 de section intérieure. Vers le haut se trouve une planchette horizontale, mobile dans son plan, et munie d'une cheville en bois ou en fer qui sert à attacher la ficelle de manœuvre. Une entaille convenable est ménagée dans l'un des montants, pour donner passage à la cheville quand on veut faire entrer ou sortir le tiroir. Cet appareil

s'emploie de la même manière que la boîte de Boules : on le dispose à l'extrémité de l'auget, en ayant soin de l'établir bien verticalement et de l'assujettir avec de la terre ou des gazons; le bout libre du saucisson, préalablement saigné, est introduit à l'intérieur et amorcé avec du pulvérin bien sec. On place ensuite, sur la planchette, un fragment de mèche allumée à quatre ou six pointes, et l'on se retire à distance. Une traction sur la ficelle fait sortir le tiroir de sa coulisse, et la mèche tombe sur l'amorce pour l'enflammer.

101. Les étoiles dont on fait usage pour ces sortes de boîtes sont confectionnées avec de la mèche à canon.

Les pointes ont 0m.04 à 0m.05 de longueur, et peuvent brûler environ dix minutes et plus.

4°. LA FUSÉE DE BOMBE.

102. M. Lefebvre, général prussien, faisait quelquefois usage, vers la fin du siècle dernier, de fusées de bombe ou de grenade pour amorcer les saucissons. L'artifice était disposé comme le moine, ou fixé directement à l'extrémité libre du porte-feu. On devait alors prendre le soin de l'isoler le mieux possible, pour éviter une inflammation intempestive.

Ce moyen est tout aussi sûr que les précédents, mais il ne fait pas connaître l'instant précis de l'inflammation du fourneau de mine.

5° LES BATTERIES.

103. L'idée d'enflammer l'extrémité libre d'un porte-feu à l'aide d'une platine ordinaire est fort ancienne. Etienne, dans son traité de la guerre souterraine (année 1779), cite déjà ce moyen comme susceptible d'applications heureuses.

Cependant, il ne paraît pas que l'on ait tenté d'expériences avant 1826. A cette époque, le sergent du génie français Mahieu imagina une batterie particulière qui fut essayée à l'école régimentaire de Montpellier. Cette batterie se composait d'un marteau s'abattant, au moyen d'un ressort, sur quatre petites cheminées garnies de capsules. Le mouvement était communiqué à la détente par l'intermédiaire d'une ficelle.

104. M. le major du génie Demarteau construisit aussi une batterie de ce genre, qui reçut, en 1848, quelques applications heureuses à l'école régimentaire de Mons.

Cette batterie consistait en un marteau s'abattant sur une cheminée en communication avec le bout libre du porte-feu. Le tout était solidement monté sur une plaque présentant une grande résistance.

La corde, fixée à la détente du mécanisme, était conduite avec soin dans la galerie, et bien disposée dans les coudes pour assurer la mise à feu.

105. A défaut de batterie particulière, on conçoit du reste qu'on pourrait également se servir d'une

ou de plusieurs platines de fusil. Il faudrait pour cela les disposer solidement sur une pièce de bois, afin de diminuer autant que possible les chances d'insuccès.

Tous ces appareils sont d'une application très-simple et s'emploient de la même manière que s'il s'agissait de mettre directement le feu à des fourneaux de mine; seulement, il est clair qu'on ne doit pas faire usage d'augets pour conduire la ficelle à l'intérieur.

5°. LES AMORCES FULMINANTES.

106. Les amorces fulminantes destinées à enflammer les porte-feu, ont été, jusqu'à présent, l'objet de recherches sérieuses dans les écoles régimentaires de France. On trouve dans le cours de mine du commandant Boutault d'assez longs détails sur cette question. Nous les rapporterons en peu de mots.

107. M. le capitaine Dufour employa, en 1822, une boîte de Boules dont le fond avait la forme d'une calotte sphérique ; un boulet de 6 ou de 12 ℔ était placé sur le tiroir, tandis que quelques grains de poudre fulminante se trouvaient disposés dans le fond. La chute du projectile entraînait l'explosion de l'amorce et par suite l'inflammation du saucisson.

108. On remplaça ensuite la calotte sphérique par une petite tige garnie d'une capsule, sur laquelle devait tomber le boulet lorsqu'on manœuvrait le tiroir de la boîte.

109. L'année suivante, on substitua à la calotte

sphérique de petites cheminées en acier garnies de capsules.

La boîte fut enfin construite en forte tôle, pour remédier aux inconvénients que présente le bois dans les galeries humides.

Mais toutes ces améliorations successives n'aboutirent pas, malgré les soins minutieux apportés dans les expériences, et l'on eut toujours un grand nombre de non-réussites à constater.

CHAPITRE III.

DISCUSSION DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS QUE PRÉSENTE CHACUN DES PORTE-FEU DÉCRITS DANS LE CHAPITRE PRÉCÉDENT.

110. Les procédés directs de mise à feu, qui ont été décrits dans le chapitre précédent, peuvent être groupés en trois catégories bien distinctes, savoir :

1°. Ceux qui sont frappés d'une réprobation générale et dont on a cessé de s'occuper ; telles sont les batteries de toute espèce, la souris de Rugy, l'étoupille et la mèche Bickford ;

2°. Ceux que l'on désapprouve à peu près partout, mais qui font encore, malgré cela, l'objet d'études sérieuses dans quelques écoles régimentaires ; ce sont les fusées, les amorces fulminantes, et les étoupilles à friction ;

3°. Enfin, viennent les moyens préconisés par la plupart des mineurs modernes, à savoir : le saucisson, l'électricité et le cordeau La Rivière.

Cette classification n'est nullement gratuite ; elle existe de fait dans toutes les écoles régimentaires du génie, et semble résulter en grande partie de la

crainte plus ou moins fondée qu'éprouvent les expérimenteurs à se prononcer d'une façon catégorique.

Nous ne suivrons pas cet ordre dans la discussion qui va suivre. Il nous paraît plus rationnel et plus simple de procéder immédiatement par voie d'exclusion, et de faire une bonne fois justice des moyens reconnus défectueux ; de cette manière, nous n'aurons plus à considérer que les porte-feu dont l'application est recommandable dans toutes les circonstances de guerre.

Quant aux moyens secondaires dont il est question à la fin du chapitre II, nous continuerons à les examiner séparément, en indiquant, toutefois, les combinaisons qui paraissent offrir le plus d'avantages réels.

111. Les qualités essentielles que doit posséder un bon porte-feu sont les suivantes :

1°. Certitude d'effets ;

2°. Préparation simple ;

3°. Emploi facile et à la portée de toutes les intelligences.

Parmi les procédés en usage il en est bien peu qui satisfassent à ces trois conditions à la fois ; aussi, n'hésitons-nous pas à dire que l'art du mineur n'a pas encore atteint, sous ce rapport, toute la perfection désirable. La plupart des innovations proposées jusqu'ici, loin de jeter du jour sur cette importante question, n'ont fait, au contraire, qu'arrêter le progrès. En cherchant à perfectionner des systèmes qui paraissaient nouveaux, mais qui n'étaient,

le plus souvent, que la reproduction, sous des formes différentes, d'anciens moyens déjà condamnés, les expérimentateurs n'ont rien produit. La science avait signalé l'électricité depuis plus d'un demi-siècle, qu'on ne s'en était pas encore servi dans les mines militaires ; c'est qu'aussi la routine a des préjugés bien difficiles à détruire. Dans la crainte de faire fausse route, on ne s'écarte pas volontiers des sentiers battus ; de là vient que les idées les plus heureuses ont souvent tant de peine à se produire, et qu'on ne les reçoit jamais qu'avec la plus grande appréhension.

112. Si nous nous bornions à examiner les porte-feu au seul point de vue des qualités qu'ils doivent offrir, nous arriverions tout naturellement à cette triste et désespérante conclusion : *que le saucisson seul réunit les avantages nécessaires*. Mais, hâtons-nous de le dire, nous ne sommes pas aussi exclusif, et nous pensons même qu'un certain nombre de moyens possèdent, au contraire, des propriétés particulières qui les rendent utiles et recommandables dans beaucoup de circonstances.

Nous allons actuellemement les passer tous en revue, pour ne conserver que ceux capables de rendre des services à la guerre.

113. Le saucisson est sans contredit le plus simple, le plus facile, et le plus sûr moyen de communiquer le feu aux mines. Il n'a contre lui que la lenteur de son inflammation, et la fumée qu'il répand dans les galeries. On peut le confectionner partout, à mesure

des besoins, et sans le secours d'aucun outillage particulier.

114. LES BATTERIES sont fort simples dans leur application, mais elles présentent quelque danger et sont d'une sûreté assez douteuse. On les a abandonnées depuis fort longtemps à cause des nombreux ratés auxquelles elles donnaient lieu. Les batteries ne sont plus guère essayées maintenant que pour amorcer d'autres porte-feu.

115. LA FUSÉE est un porte-feu tout à la fois simple et commode. Elle présenterait, dans certains cas, autant de sûreté que le saucisson, si on l'employait avec discernement. Sa marche est assez rapide pour rendre inutile le compassement des feux. Elle ne laisse après elle qu'une quantité insignifiante de fumée, dont il est même possible de se garantir par certaines dispositions particulières (29). Quelques écoles du génie ont cessé d'en faire usage. Nous ignorons le motif de la proscription qui frappe cet artifice, mais en présence des avantages que beaucoup d'ingénieurs modernes continuent à lui attribuer, nous pensons qu'il ne serait peut-être pas inopportun de le soumettre à de nouvelles expériences.

Le commerce fournit aujourd'hui des enveloppes métalliques de toute espèce et de toutes dimensions, qu'on emploie dans une foule de circonstances particulières; on pourrait donc abandonner complètement le primitif auget conducteur et diriger des essais dans un antre ordre d'idées.

116. L'ÉLECTRICITÉ remédie complètement au défaut de la fumée, et dispense, par sa rapidité, de compasser les feux, quel que soit le nombre de fourneaux à faire jouer à la fois; mais elle manque de simplicité, et les appareils spéciaux qu'elle exige sont tellement délicats, qu'ils ne peuvent être maniés que par des mains expérimentées.

Cette importante question est à l'étude dans toutes les écoles du génie. Un grand nombre de moyens d'application ont été proposés et soumis aux expériences, mais ils présentent presque tous le défaut de ne pas être sûrs. Quoiqu'il en soit, l'électricité mérite, à un haut degré, de fixer l'attention des ingénieurs; car elle possède des qualités qui la rendent recommandable dans beaucoup de circonstances particulières. La science, d'ailleurs, n'a pas dit son dernier mot, et nous ne doutons pas qu'on ne parvienne un jour à remédier aux imperfections qui se rattachent encore à l'emploi de ce porte-feu.

117. LA SOURIS DE RUGY a été imaginée pour soustraire les galeries aux inconvénients de la fumée. Ce moyen, d'une apparence fort simple, exige néanmoins l'emploi d'augets confectionnés avec le plus grand soin. Malgré cela, on sait (88) qu'il n'a pas toujours réussi, même entre les mains de son auteur. La souris était souvent arrêtée en chemin, et quelque traction qu'on exerçât sur la ficelle, on ne parvenait pas à la conduire jusqu'aux poudres.

L'idée de remplacer la mèche par une lance à feu n'a rien changé au système, et le succès qui

couronna la modification insignifiante de M. Rittier (88), doit être attribué autant au hasard qu'aux précautions prises par lui pour en assurer la réussite.

La souris n'a jamais servi qu'à porter le feu à un seul fourneau à la fois. Elle est aujourd'hui complètement abandonnée, et n'existe plus que pour mémoire dans les écrits sur la matière.

118. Les amorces fulminantes, l'étoupille a percussion et le pétard fulminant, sont des porte-feu d'une grande simplicité et d'une application très-facile et très-commode; malheureusement, ils s'altèrent tous fort vite par l'humidité et présentent en outre les défauts inhérents aux batteries (114).

En vue de perfectionner ces différents moyens de mise à feu, les écoles régimentaires de France ont fait des recherches de toute espèce et des expériences nombreuses, mais les résultats obtenus n'ont pas été satisfaisants.

119. L'étoupille de M. Prost n'a jamais joui d'une bien grande vogue : sa préparation est délicate, sa pose exige des soins particuliers, et son emploi n'est pas sûr.

M. Poitevin ne l'a pas rendue meilleure en cherchant à la perfectionner, et toutes les tentatives auxquelles il s'est livré n'ont servi qu'à faire ressortir davantage le peu de mérite de cet artifice.

120. La mèche Bickford est un porte-feu tout à la fois sûr, commode et simple, mais la lenteur de son inflammation, et l'odeur infecte qu'elle répand en

brûlant la rendent très-peu recommandable dans les travaux de guerre souterraine. Elle ne sert plus aujourd'hui que pour amorcer d'autres porte-feu.

121. Le cordeau La Rivière serait certainement préférable au saucisson si l'on parvenait à éviter les ratés : il ne donne presque pas de fumée, s'emploie sous eau comme sous terre, et brûle avec une grande rapidité. Il paraît constant que cet artifice a obtenu en France de grands succès dans les expériences d'école, et notamment aux simulacres de siége, à Metz en 1844, et à Bapaume en 1847. Malheureusement, il n'a pas encore répondu chez nous à l'espoir qu'on en avait conçu, et si nous devions l'examiner au point de vue des effets auxquels il a donné lieu depuis son apparition dans nos travaux, nous n'hésiterions pas à le condamner d'une manière absolue, ou tout au moins à lui faire occuper un rang très-secondaire parmi tous les procédés de mise à feu en usage.

Mais il serait sans doute téméraire de juger aussi sévèrement un artifice encore à l'étude, alors surtout qu'il semble posséder chez nos voisins des propriétés qui le rendent recommandable. Quoiqu'on n'ait eu à enrégistrer jusqu'ici que des réussites éphémères, ou simplement des succès de confection, nous croyons que cet artifice est plein d'avenir, et qu'avec des efforts constants et bien dirigés on parviendra un jour à des résultats favorables.

122. De l'examen rapide qui précède il résulte :

1°. Que tous les porte-feu reposant sur l'emploi des

amorces chimiques ou des ressorts manœuvrés par des ficelles, n'ont aucune chance de pouvoir être perfectionnés, et qu'ainsi l'on devrait proscrire à jamais les amorces de toute espèce, comme on a déjà proscrit les batteries et la souris de Rugy ;

2°. Que l'étoupille de M. Prost est d'une préparation trop délicate, et qu'elle ne présente pas assez de sûreté pour rendre des services à la guerre ;

3°. Que la mèche anglaise, quoique fort avantageuse sous bien des rapports, a le défaut grave de brûler beaucoup trop lentement, et de donner naissance à des gaz plus délétères encore que ceux qui proviennent de l'inflammation du saucisson ordinaire. Pour ces motifs, on a dû la proscrire des travaux de mine militaire, du moins comme procédé direct de mise à feu ;

4°. Qu'enfin, le saucisson, la fusée, le cordeau La Rivière et l'électricité, sont les seuls porte-feu sur lesquels on puisse raisonnablement compter à la guerre. Les trois derniers moyens sont encore loin pourtant d'avoir atteint un grand degré de perfection, mais ils méritent d'éveiller l'attention des mineurs, et nous souhaitons qu'on leur accorde enfin une égale part d'intérêt dans les expériences.

123. Examinons actuellement les différents procédés qui ont été essayés jusqu'à présent pour amorcer le saucisson, l'étoupille, le cordeau la Rivière, et même la fusée porte-feu.

124. La mèche lente. On doit nécessairement comprendre sous ce titre générique toutes les mèches

à combustion lente, depuis celle dont on a fait usage pour mettre le feu aux premiers mousquets, et qui a servi sans doute à enflammer les premières mines (1), jusqu'à la corde anglaise employée si généralement aujourd'hui.

125. Le moine. Cet artifice ne produit pas toujours l'effet désiré : on a parfois vu l'amadou s'éteindre avant d'arriver à l'amorce, ou bien se consumer à travers la poudre sans l'enflammer. Il ne donne pas le feu à l'instant voulu, et ne se prononce jamais qu'après le témoin qui brûle dans une atmosphère meilleure.

126. Les fusées de bombe ou de grenade. Elles ont tous les défauts du moine sans posséder aucun mérite particulier qui les rende préférables à cet artifice. On les a abandonnées depuis fort longtemps.

127. La boite de boules et la souricière. Ces deux moyens mécaniques sont d'une application assez incommode ; car, s'ils permettent de donner le feu à l'instant voulu, ils ont, d'un autre côté, l'inconvénient de manquer de sûreté ; en outre, la ficelle destinée à faire agir la coulisse se casse quelquefois, et le jeu de cette dernière peut être contrarié par les altérations que subit l'appareil dans les galeries humides ; enfin, il arrive encore que l'étoile destinée à enflammer l'amorce ne remplit pas le but voulu (2).

(1) Fallot, *Cours de fortification*, 3e vol.

(2) Chez nous, on remplace généralement l'étoile par un morceau de mèche qui affecte la forme d'une couronne.

Toutes ces imperfections se présentent trop fréquemment dans les travaux d'école pour qu'on puisse compter, à la guerre, sur l'efficacité des boîtes-à-feu.

128. Les batteries et les amorces de toute espèce, sont des appareils à ficelle tout aussi incertains que les deux précédents. Les défauts sont les mêmes, et les chances de perfectionnement tout-à-fait nulles.

Nous terminerons ici cette revue peut-être déjà trop longue pour l'importance du sujet, et nous dirons pour conclure.

1°. Que tous les moyens essayés, depuis le moine primitif jusqu'aux amorces fulminantes de l'école d'Arras, en y comprenant aussi la batterie de M. le major Demarteau, ne sont rien moins que sûrs, et qu'ils constituent un véritable embarras pour les mineurs ;

2°. Que la mèche Bickford, ou toute autre mèche à combustion lente, constitue le meilleur moyen à employer pour amorcer les porte-feu, sous le triple rapport de la certitude d'effet, de l'économie et de la simplicité.

129. Il nous reste maintenant à examiner les porte-feu reconnus bons, afin de tirer, à la guerre, le meilleur parti possible de leurs propriétés utiles.

Cette question est sans contredit du plus haut intérêt ; il faudrait, pour la traiter à fond, une expérience que nous n'avons pas, et des connaissances particulières que les praticiens seuls peuvent acquérir ; aussi, serions-nous disposé à décliner toute compétence

à cet égard, s'il fallait sortir des généralités et esquisser, autrement qu'à larges traits, les cas spéciaux où l'on doit se servir d'un porte-feu de préférence à un autre.

Quoiqu'il paraisse impossible de donner sur cet objet des règles absolues, puisque les circonstances de la guerre sont extrêmement variables, nous pouvons cependant établir deux divisions bien tranchées des porte-feu préconisés, savoir :

1°. Ceux qui peuvent être employés partout, aussi bien dans les petites forteresses, ou dans les ouvrages détachés, que dans les places à grand développement;

2°. Et ceux qui ne sont d'application que dans des localités particulières, offrant assez de ressources pour permettre, en tout temps, le renouvellement des accessoires indispensables.

130. Le saucisson et le cordeau La Rivière, semblent réunir les qualités nécessaires pour être compris dans la première catégorie. Le premier artifice est d'une confection aussi simple que rapide, et peut être préparé au fur et à mesure des besoins ; le second se conserve longtemps sans altération sensible, et son transport n'offre aucune difficulté.

131. Le saucisson, il est vrai, produit une fumée intense qui empeste les galeries au point de les rendre inhabitables après l'explosion d'un fourneau. C'est là, sans doute, un inconvénient grave dans la guerre défensive, surtout quand on a intérêt à poursuivre immédiatement les travaux ; mais on est parvenu, heureusement, à l'atténuer en grande partie par des

moyens puissants de ventilation, et si ce palliatif laisse encore quelque chose à désirer aujourd'hui, il est du moins assez parfait, pour permettre aux défenseurs de regagner sans trop de retard la queue des bourrages (1).

132. Le petit saucisson produit beaucoup moins de fumée que le gros, et transmet le feu avec la même certitude; cependant, il a l'inconvénient de s'altérer plus vite dans les terres humides, ce qui oblige à ne pas l'y laisser longtemps séjourner.

En vue de rendre son enveloppe imperméable, on a proposé et essayé différents enduits, mais nous n'en connaissons pas qui résolvent la question d'une manière complète.

Dans la guerre offensive, les inconvénients de la fumée sont bien moins à redouter : on n'a pas souvent occasion de reprendre le travail dans les mêmes rameaux, surtout quand on opère par globes de compression, et le saucisson n'a plus d'autre défaut alors que celui de consommer de la poudre.

133. Pour enflammer des charges submergées, les saucissons à enveloppe de plomb ont toujours réussi : les expériences faites par M. le général Pasley le constatent clairement. Mais on doit reconnaître que cet artifice est fort peu maniable, et que son usage serait souvent impossible dans les opéra-

(1). M. le commandant BOUTAULT, dans un esprit facile à comprendre, accorde un peu trop de puissance à son ventilateur. Les expériences faites chez nous, en 1855, l'on prouvé à l'évidence.

tions de la guerre souterraine. Néanmoins, s'il s'agissait d'établir un système de fougasses dans des terres humides, et qu'on n'eût pas d'autre moyen convenable à sa disposition, on pourrait peut-être utiliser avantageusement le saucisson à enveloppe métallique.

134. Le cordeau La Rivière détrônerait certainement tous les porte-feu connus, anciens et modernes, si l'on parvenait à lui donner ce cachet indispensable de sûreté, qui constitue la première des conditions auxquelles doit satisfaire un artifice de ce genre. Il réunirait alors tous les avantages signalés par M. e général De Lannoy (note du n° 91), et ne présenterait d'autre défaut que celui de devoir être préparé à l'avance par des ouvriers spéciaux. Ce serait, en un mot, un porte-feu type, le plus commode et le meilleur partout, à l'exclusion de tous les autres. Malheureusement, les choses sont loin de se passer ainsi : la corde française, confectionnée chez nous, est très-capricieuse sous le rapport de ses effets : tantôt elle brûle en produisant une foule de détonnations plus ou moins rapprochées; tantôt, au contraire, ces détonnations sont peu nombreuses, et se succèdent avec une extrême rapidité. Dans l'un et l'autre cas, la communication du feu est très-incertaine, surtout quand l'artifice a séjourné longtemps dans des terres humides, ou qu'il est employé pour donner le feu à des charges submergées.

On a l'habitude, dans les travaux d'école, de faire escorter ce porte-feu par un conducteur électrique,

ou, mieux encore, par un saucisson ordinaire. De cette manière on se réserve la possibilité d'enflammer le fourneau, en cas de non-réussite du premier moyen.

Cette précaution, bonne dans de pareilles circonstances, serait, à la guerre, plus nuisible qu'utile, surtout si l'on faisait usage du saucisson comme escorte. On conçoit en effet que ce dernier brûle toujours par suite de l'explosion du fourneau, et qu'ainsi l'inconvénient de la fumée n'est nullement atténué.

135. Dans ces derniers temps, M. le capitaine du génie Dupont a modifié le ficelage trop serré jusqu'alors, et l'a recouvert d'un enduit imperméable très-souple et très-élastique, composé d'un mélange de poix et de caoutchouc. Plusieurs essais ont été dirigés en vue de faire sauter des charges submergées, et les résultats ont toujours été très-satisfaisants. Néanmoins, nous attendrons, pour nous prononcer sur le mérite de cette innovation, des expériences plus concluantes.

136. D'après les auteurs français, le cordeau La Rivière n'aurait pas le défaut de manquer de sûreté; il brûlerait dans toutes les circonstances, et pourrait même séjourner longtemps sous terre sans devoir être garanti par un auget. Nous ignorons jusqu'à quel point cette assertion est fondée, mais il serait facile de s'en assurer par des expériences comparatives, en préparant cet artifice à la main, comme on le fait en France, au lieu de le fabriquer à l'aide d'une machine. Ce serait du reste le moyen

de reconnaître si l'enveloppe doit offrir une certaine élasticité, pour favoriser la détente des gaz. Nous laissons aux hommes spéciaux le soin d'examiner la question, et nous formons des vœux pour qu'ils parviennent bientôt à fournir un cordeau dont la sûreté ne soit plus aussi équivoque.

137. Les porte-feu de la seconde catégorie, ou ceux qui ne peuvent servir que dans des circonstances particulières, sont la fusée et l'électricité.

138. La fusée ne saurait être d'aucune utilité dans une guerre offensive, quelle que soit la méthode suivie pour les attaques, parce que son application, en apparence fort simple, exige un soin tout spécial et des accessoires que l'on n'a pas toujours sous la main. Le saucisson ordinaire, ou la corde française, sont alors des moyens plus commodes et plus expéditifs. Mais dans la défense des places, où il arrive fréquemment que des dispositifs de mine doivent être établis longtemps à l'avance, on pourra tirer parfois un excellent parti de la fusée ; ainsi, pour donner le feu à des fougasses disposées sous un glacis, en terrain de toute espèce; ou pour enflammer les charges des contre-puits; ou bien encore pour faire jouer des fourneaux indépendants, comme ceux placés aux extrémités d'un trèfle, sous une branche de chemin-couvert, la fusée jouira incontestablement d'un mérite réel, et sera préférable aux meilleurs porte-feu connus.

Quoiqu'il en soit, cet artifice laisse beaucoup à désirer encore, sous le rapport de l'efficacité de ses

effets, et l'on devrait le soumettre à des expériences complètes, pour apprécier tout le parti que l'on peut en tirer à la guerre.

Nous voudrions surtout qu'on fît particulièrement usage d'augets conducteurs métalliques, et qu'on abandonnât tout-à-fait les augets en bois comme étant trop sujets à se détraquer dans le bourrage, ou à se détériorer par l'humidité.

139. Il nous reste à parler de l'électricité et nous serons concis. Quoique le champ des applications soit extrêmement vaste, et qu'on ait déjà mis en avant un grand nombre de systèmes pour résoudre le problème si varié de l'inflammation des mines, nous ne ferons qu'effleurer la question. Une discussion approfondie nous conduirait trop loin, et nous ferait sortir, sans utilité, des limites de ce mémoire.

Au point de vue militaire, tous les moyens employés jusqu'à présent ont le défaut commun d'être trop scientifiques, d'exiger un matériel très-délicat que bien peu d'hommes peuvent manier, et de constituer un véritable embarras dans les opérations souterraines.

Nous allons les passer rapidement en revue, et faire ressortir, autant que possible, les avantages et les inconvénients attachés à chacun d'eux.

140. Batteries électriques. Les systèmes basés sur la décharge des batteries électriques paraissent être aujourd'hui complètement abandonnés, à cause de la difficulté de composer une bonne amorce et de développer le fluide en quantité suffi-

sante dans une atmosphère humide. Ces motifs ont sans doute un caractère sérieux, mais doit-on, pour cela, abandonner complètement l'électricité statique? Nous ne le pensons pas. Si des expériences faites à l'école d'Arras, en 1833, n'ont pas abouti, est-ce à dire qu'on ne réussira jamais? A-t-on pris à Arras toutes les précautions que la science enseigne; ou bien ne s'est-on pas laissé trop aisément rebuter sous l'empire d'idées préconçues? Le compte rendu des essais est tellement vague qu'il serait impossible d'en tirer des conclusions utiles.

141. La pile de Volta est sans contredit l'appareil le plus simple parmi tous les appareils voltaïques. Elle peut être montée sans difficulté, et réduite à de petites dimensions. Son usage est à la portée des intelligences vulgaires, sans exiger les mêmes soins que la plupart des autres piles. Malheureusement, le défaut de l'oxidation rapide des disques, joint aux pertes continuelles de liquide, ont fait rejeter cette disposition dans beaucoup de pays. Les Russes seuls semblent la porter encore en haute estime. Chez nous, on l'a vainement essayée dans ces derniers temps; mais nous n'oserions pas affirmer que les tentatives auxquelles on s'est livré aient été bien sérieuses. Quoiqu'il en soit, la pile de Volta, telle que l'a imaginée son auteur, présente trop d'inconvénients pour qu'on puisse en recommander l'emploi.

142. La pile de Wollaston, est une modification très-heureuse de la pile de Volta; elle est d'un transport facile, et son emploi offre peu de difficultés. Au

point de vue militaire, c'est encore le meilleur appareil voltaïque que l'on ait inventé. M. Merkes en a tiré des effets très-satisfaisants dans ses expériences, et notre régiment s'en est servi à Mons avec tout autant de succès; il y a plus, cette pile n'est pas, comme toutes les autres, sujette à se détraquer rapidement, et sa conservation ne réclame aucuns soins particuliers. L'appareil que l'on possède aujourd'hui est encore celui construit en 1846, par M. le capitaine Moermans, sur les dessins de M. Merkes.

143. Nous ne parlerons pas de la modification apportée à cette pile par M. Nobili, et qui consiste à découper les éléments cuivre et zinc sous forme de peigne; aucune disposition de cette nature n'a été essayée dans les travaux d'école, d'ailleurs elle ne change rien au système.

143. Le principal défaut reproché aux appareils voltaïques est de donner des courants dont l'intensité va toujours en diminuant. Dans la pile de Wollaston, construite par M. Merkes, cet inconvénient est en quelque sorte atténué, parce que l'on peut élever ou abaisser les auges à volonté, et qu'au point de vue de la mise à feu des fourneaux de mine, l'on n'a jamais besoin de prolonger l'action du courant.

144. Avec les différentes piles qui précèdent, on peut se servir indifféremment de conducteurs rubanés ou de conducteurs cylindriques; les uns et les autres ont fourni de bons résultats dans plusieurs pays. Une longue expérience peut seule faire reconnaître

la meilleure forme à leur donner. Ces conducteurs n'ont pas besoin d'être isolés, et c'est là un grand avantage qu'il est important de signaler, parce qu'il fera peut-être un jour pencher la balance en faveur de l'électricité dynamique.

145. Les détails que contient le chapitre précédent, au sujet des amorces, nous dispensent d'entrer de nouveau dans la question. Celles de MM. Merkes, Pasley et Ronfleur sont très-satisfaisantes et résolvent le problème d'une manière complète.

146. La pile de Daniell produit des effets trop favorables dans la télégraphie électrique pour qu'on puisse douter de sa puissance. Le général Pasley s'en est du reste servi exclusivement, et a obtenu sans cesse de bons résultats. La constance du courant est une des grandes qualités de cette pile, et quand on a soin de conserver la dissolution en parfait état de saturation, en y ajoutant des cristaux de sulfate de cuivre, les effets peuvent se prolonger pendant fort longtemps.

Nous reprochons à cette pile, comme moyen de mise à feu, les inconvénients des autres appareils du même genre (114).

147. La pile de Bunzen a toutes les propriétés de la pile de Daniell ; ses effets sont également énergiques mais ils ne présentent pas la même constance.

Plusieures écoles régimentaires du génie s'en servent dans leurs expériences de mine. Tantôt on réunit un certain nombre d'éléments pour constituer

une batterie électrique; tantôt, au contraire, on n'en emploie qu'un ou deux concurremment avec l'appareil d'induction de M. Rhumkorff.

Dans l'un et l'autre cas, les effets calorifiques suffisent pour enflammer la poudre des fourneaux de mine.

La pile de Bunzen a d'ailleurs les défauts propres à toutes les autres piles (114).

143. Appareil de Clarke. Les bons effets de cet appareil ont été trop souvent appréciés par d'habiles physiciens pour que nous ne cherchions pas à le relever de l'espèce de défaveur dans laquelle il semble être tombé chez nous. M. le colonel espagnol Verdu l'employa avec beaucoup de succès concurremment avec la bobine de M. Rhumkorff, et parvint même à enflammer un petit fourneau de mine établi sous l'eau à 5600 mètres de distance [1]. Plus tard, MM. Savarre et Rhumkorff se livrèrent aussi à des essais qui furent couronnés d'un succès complet.

Ces faits sont très-significatifs : ils prouvent que la machine de Clarke est digne de fixer l'attention des mineurs, et qu'on a tort peut-être de ne pas s'en préoccuper plus sérieusement. Quels avantages ne retirerait-on pas, en effet, d'un appareil unique qui n'exigerait, pour être mis en action, ni liquide spécial, ni préparation particulière? Quelques tours de manivelle et le courant serait établi. Evidemment une pareille

(1) Académie des sciences, année 1854. Rapport de M. le maréchal Vaillant.

machine, renfermée dans une caisse solide, serait à la portée de tout le monde, et jouirait d'une grande supériorité sur la plupart des autres moyens électriques, qui entraînent toujours avec eux un bagage embarrassant de verres, de bouteilles, d'acides, etc., etc.

149. L'appareil d'induction de Rhumkorff est fort ingénieux au point de vue de la science. Il fournit des étincelles par tous les temps, ce qui le rend préférable aux machines électriques, et son action s'exerce à des distances considérables. Beaucoup d'ingénieurs l'ont employé avantageusement dans les travaux civils pour donner le feu à des fourneaux de mine. Malheureusement, cet appareil a de graves défauts sous le rapport militaire : il est extrêmement délicat et son usage n'est pas à la portée de toutes les intelligences; en outre, les conducteurs ayant besoin d'un isolement parfait, leur pose est tout à la fois fort difficile et très-gênante.

A la guerre, ce sont les moyens simples qui conviennent avant tout; les machines trop savantes ne valent rien, parce qu'elles exigent des hommes spéciaux pour être maniées.

D'ailleurs, serait-il raisonnable de compter, au milieu des embarras d'un siége, sur un appareil que la moindre négligence, ou le moindre accident, pourrait rendre impuissant? un coup de marteau mal appliqué en plaçant les conducteurs ; une blessure ou une solution de continuité imperceptibles dans l'enve-

loppe; une amorce mal attachée ou confectionnée avec peu de soin, etc. sont des causes suffisantes pour détourner le courant et empêcher la production de l'étincelle.

150. Nous devons aussi signaler le danger que présente cette bobine : les commotions sont tellement violentes, même avec un seul élément de Bunzen, qu'il serait impossible de les supporter longtemps. Un de nos camarades en fit bien involontairement l'expérience : ayant voulu enflammer un grand nombre d'amorces à la fois, il s'approcha, dans son enthousiasme empressé, d'une dérivation du circuit principal et fut saisi par le fil. Ne pouvant se soustraire à ses terribles étreintes, il appela du secours, et sans l'intervention d'un artificier qui fit cesser l'action du courant, les conséquences eussent pu devenir bien funestes.

151. En résumé, nous croyons que l'appareil Rhumkorff ne réunit pas les qualités nécessaires pour constituer un bon instrument de guerre. Dans beaucoup de cas nous lui préférerions la pile de Wallaston, ou les piles à courant constant telles que celles de Daniell, de Bunzen, et même de Grove. Cependant, s'il s'agissait d'établir des dispositifs dans des places à grand développement (Sévastopol, Anvers) on pourrait peut-être, en modifiant convenablement l'appareil, en tirer des effets très-favorables ; il faudrait pour cela :

1°. Isoler davantage les conducteurs, au moyen d'une enveloppe plus épaisse et plus solide ;

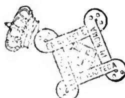
2°. Rendre l'appareil plus portatif et lui adjoindre les éléments Bunzen ou la machine de Clarke, le tout renfermé dans une même caisse.

152. Les considérations qui précèdent font voir combien la question des porte-feu électriques est palpitante d'intérêt, et combien est immense déjà le pas que d'habiles officiers lui ont fait faire depuis quelques années. Nous voudrions pouvoir en parler plus longuement, car il nous reste beaucoup à dire, mais les limites de ce travail ne nous permettent pas d'entrer sur ce point dans de plus grands développements.

L'application de l'électricité, à l'inflammation des mines militaires, marque sans contredit une ère nouvelle pour la science du mineur. Si ce moyen porte encore avec lui certaines imperfections, il a, en revanche, dans beaucoup de cas, des qualités qui le rendent très-supérieur à tous les autres porte-feu. Ainsi : — pour un dispositif de mine étendu dans une place qui offre des ressources de toute espèce ; — pour la démolitiou de navires sous l'eau; — pour enflammer des brûlots à distance; — pour l'explosion de mines sous-marines, — pour les démolitions en général qui demandent souvent la simultanéité dans les explosions, etc. etc., on ne saurait employer un porte-feu réunissant plus davantages.

L'électricité d'induction, aussi bien que l'électricité dynamique, a des titres pour fixer l'attention des hommes spéciaux. La question est sans doute très-avancée déjà, mais il reste encore beaucoup

à faire pour arriver à une solution complète. Espérons que nos recherches aboutiront un jour et que nous ne nous laisserons plus dévancer par les armées étrangères.



FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

CHAPITRE III.



